UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Impacto dos Sistemas de Climatização e AQS na Certificação Energética de Edifícios no Âmbito do RCCTE: Caso de Estudo

Cláudia Francisca Figueiredo Pires Ribeiro Pacheco

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Miguel Costa Santos Nepomuceno
Co-orientador: Prof. Doutor Pedro Nuno Dinho Pinto da Silva

Covilhã, Outubro de 2010

Dedicatória

Dedico este trabalho a toda a minha família.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador de mestrado, Professor Doutor Miguel Costa Santos Nepomuceno, pelo seu imprescindível apoio, incentivo e pronta disponibilidade prestada, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu co-orientar de mestrado, Professor Doutor Pedro Nuno Dinho Pinto da Silva, em particular pelo esclarecimento de dúvidas sobre a escolha de sistemas de climatização e AQS.

Agradeço ao Engenheiro António José Neto Freire, Sócio-Gerente da Empresa Urbitraço - Arquitectura e Engenharia, por me ter facultado todo o material referente ao projecto térmico e a memória descritiva e justificativa de cálculo.

Agradeço à Empresa de Climatização ZANTIA, na pessoa do Sr. Engenheiro Alexandre Pereira, do Departamento Técnico, por ter facultado os orçamentos de aquisição e de instalação das diversas propostas de sistemas de climatização e AQS a analisar no caso de estudo.

Agradeço também à Empresa BOSCH Termotecnologia SA, na pessoa do Sr. Engenheiro David Lopes pelo fornecimento de orçamentos e fichas técnicas de equipamentos.

A todos os meus colegas e amigos, que directa ou indirectamente, estiveram presentes e me acompanharam ao longo deste percurso, o meu sincero reconhecimento.

Finalmente, desejo agradecer de uma maneira especial aos meus pais e ao João, por terem estado sempre presentes durante estes meses de trabalho, pelo seu apoio incondicional, compreensão, encorajamento e por terem colaborado na revisão da dissertação.

Resumo

IMPACTO DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E AQS NA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS NO ÂMBITO DO RCCTE: CASO DE ESTUDO

No presente trabalho são apresentados os principais sistemas de climatização tanto para aquecimento como para arrefecimento, para além de diversos sistemas de produção de águas quentes sanitárias. São também abordados aspectos relativos ao contexto nacional energético e ambiental, o plano nacional de eficiência energética, as condições de conforto termo-higrométrico interior nas habitações, os tipos de ventilação existentes e os diversos tipos de energias renováveis utilizados.

A proposta desenvolvida no âmbito do presente trabalho, assenta em procedimentos de cálculo que, tendo como base o projecto de térmica do edifício do caso de estudo, permitem realizar a simulação de diferentes combinações de sistemas de climatização para aquecimento, arrefecimento e sistemas convencionais de produção de AQS. Conseguem-se comparar os valores obtidos em termos de emissões anuais de gases de efeito de estufa, o valor dispendido nas facturas energéticas anual e mensal para climatização e preparação de AQS, a classe energética e o custo de aquisição, instalação e manutenção dos equipamentos.

Palavras-chave

Climatização, águas quentes sanitárias, certificação energética, classe energética, emissões de CO_2, factura energética.

Abstract

IMPACT OF CLIMATIZATION SYSTEMS AND DHW IN THE ENERGY CERTIFICATION OF BUILDINGS UNDER RCCTE: CASE STUDY

In this work the main climatization systems were presented for both heating and cooling, in addition to various production systems for DHW. It also discuss issues related to the national energy and environmental context, the national plan for energy efficiency, interior thermo-hygrometer comfort conditions in housing, the existing types of ventilation and the various types of renewable energy used.

The proposal developed in the scope of this work, is based on calculation procedures that, having the design of the building's thermal case study as a reference, can be conducted to simulate different combinations of climatization systems for heating, cooling and conventional systems for DHW production. Thus, it is possible to compare values obtained in terms of annual emissions of CO2, the amount expended on annual and monthly energy bills for climatization and preparation of DHW, the energy class and the cost of acquisition, installation and maintenance of equipments.

Keywords

Climatization, domestic hot water, energy certification, energy class, CO_2 emissions, energy bill.

Índice

Lista de Figuras

Lista de Quadros

Lista de Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AQS	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
ANET	Associação Nacional de Engenheiros Técnicos
CERTIF	Associação para a Certificação
APIRAC	Associação Portuguesa da Indústria de Refrigeração e Ar Condicionado
EFRIARC	Associação Portuguesa dos engenheiros de Frio Industrial e Ar Condicionado
BEI	Banco Europeu de Investimento
BERD	Banco Europeu de Reconstrução e de Desenvolvimento
EPDM	Borracha de Etileno-Propileno-Dieno
APIEF	Centro de Formação Profissional para a Indústria Térmica e Energia
CE	Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior
CFC	Clorofluorcarboneto
COP	Coeficiente de Eficiência Energética
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
DCR	Declaração de Conformidade Regulamentar
D.L.	Decreto-Lei
CO_2	Dióxido de Carbono
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
DGGE	Direcção Geral de Geologia e Energia
DHW	Domestic Hot Water
Programa E4	Eficiência Energética e Energias Endógenas
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
EUA	Estados Unidos da América
ENDS	Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
GEE	Gases com Efeito de Estufa
HRV	Heat Recovery Ventilation
IRS	Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Singulares
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado ou Agregado
IGAOT	Inspecção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território
I.S.	Instalações Sanitárias
INETI	Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação
ISO	International Standards Organisation
Mtep	Milhões de Toneladas Equivalentes de Petróleo
CO	Monóxido de Carbono

OA	Ordem dos Arquitectos
OE	Ordem dos Engenheiros
ONU	Organização das Nações Unidas
PV	Painel Fotovoltaico
PME	Pequenas e Médias Empresas
PPD	Percentagem Previsível de Pessoas Insatisfeitas
PQ	Perito Qualificado
PRE	Piso Radiante Eléctrico
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PNDES	Plano Nacional para o Desenvolvimento Económico e Social
PEX	Polietileno Reticulado
PIB	Produto Interno Bruto
AQSpP	Programa Água Quente Solar para Portugal
PRIME	Programa de Incentivos à Modernização da Economia
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
POE	Programa Operacional de Economia
P3E	Programa para a Eficiência Energética em Edifícios
QAI	Qualidade do Ar Interior
EER	Razão de Eficiência Energética
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
EMAS	Sistema de Eco-Gestão e Auditoria da União Europeia
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior
UE	União Europeia
PMV	Voto Médio Previsível

Capítulo 1- Introdução

1.1 - Enquadramento do tema

A energia consumida no sector dos edifícios representa cerca de um terço do consumo de energia final em Portugal, com forte incidência no consumo eléctrico, onde representa mais de 60% do total, havendo a registar um elevado crescimento do consumo no sector residencial.

No contexto Europeu, é consensual a necessidade de melhorar a eficiência energética dos edifícios. Isto porque às preocupações comuns do Protocolo de Quioto e da segurança do abastecimento energético, junta-se também um cenário em que os edifícios representam 40% do consumo de energia global.

A hipótese inicial de estudar o impacto dos sistemas de climatização na certificação energética surgiu com a assinatura do Protocolo de Quioto, em que os países industrializados se comprometeram em reduzir as suas emissões colectivas de gases com efeito de estufa em 5,2% no período 2008-2012, face aos valores de 1990. Os Estados-Membros, têm vindo a incrementar um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios, surgindo assim nesse contexto a Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Embora a Directiva já tenha mais de 6 anos, apenas a partir do dia 1 de Janeiro de 2009, passou a ter plena aplicação em Portugal e a ser obrigatória a certificação energética e da qualidade do ar interior em todos os edifícios, incluindo os existentes. O certificado energético tornou-se obrigatório para a celebração de qualquer contrato de transacção, locação ou arrendamento de imóveis. Os certificados deverão ter uma validade de 10 anos e a certificação deve ser assegurada por técnicos qualificados, designados em Portugal por Peritos Qualificados [33].

Martin Elsberger, responsável na Comissão Europeia pelos trabalhos de implementação da Directiva a nível Europeu, considera Portugal a par da Dinamarca, Holanda, Alemanha e Irlanda, um dos cinco países da União Europeia, com o melhor processo de certificação energética dos edifícios, destacando-se a qualidade dos certificados no consumo energético e a qualidade de exigência nos requisitos para os especialistas que fiscalizam esta Directiva.

O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior representa a face visível da aplicação dos novos regulamentos. O processo de certificação envolve a actuação dos designados, Peritos Qualificados, técnicos formados no seguimento de um protocolo estabelecido com a Ordem dos Engenheiros, Ordem dos Arquitectos e Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos.

O técnico tem como missão verificar a conformidade do edifício face à legislação aplicável e classificá-lo de acordo com o seu desempenho energético, podendo ainda propor medidas de melhoria.

A classificação energética dos edifícios obedece a uma escala de classes, definidas de A+ a G, em que A+ corresponde a um excelente desempenho energético e G a um pior desempenho energético. Nos edifícios novos, as classes energéticas variam entre A+ e B-. Nos edifícios existentes, as mesmas classes variam entre A+ e G.

Para além da classificação de desempenho energético e níveis de emissão de CO_2, o certificado desagrega os consumos energéticos para aquecimento de águas quentes sanitárias e climatização, em condições normais de utilização, permitindo perspectivar os custos que o utilizador final terá com a aquisição de combustíveis e electricidade para manter o conforto e qualidade do ambiente interior.

No âmbito do RCCTE, a classificação energética dos edifícios residenciais é calculada pelo quociente entre as necessidades anuais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes e o valor limite estabelecido para uma determinada região.

Para se obter a classificação máxima (A+), o edifício ou fracção deverá apresentar pelo menos um quarto das necessidades energéticas de um edifício de referência (B-), devendo nomeadamente ter uma excelente exposição solar e uma envolvente com um coeficiente de transmissão térmica reduzido.

As energias renováveis têm um papel central na classificação energética. Um edifício de elevada eficiência energética terá obrigatoriamente energias renováveis, que permitem reduzir a factura energética de forma significativa.

Quanto aos sistemas de climatização e de águas quentes sanitárias deverão ter elevados rendimentos. Os sistemas de climatização têm um peso muito relevante nas emissões de gases com efeito de estufa e, em consequência, na classe energética.

1.2 - Objectivos e justificação do tema proposto

Um edifício com a mesma solução construtiva, mesmo com excelentes soluções de isolamento, poderá apresentar classes energéticas muito diferentes. Nos edifícios existentes, poderá também ocorrer que um edifício com um péssimo isolamento obtenha uma elevada classe energética apenas devido à escolha dos equipamentos, uma vez que os edifícios existentes não têm que cumprir requisitos mínimos nem requisitos energéticos.

A necessidade de informar o utente acerca de múltiplas soluções de sistemas de climatização e sistemas de produção de AQS, em edifícios novos para obtenção de uma boa classe energética entre A+ e B- e no caso de edifícios já existentes, de diversas soluções de melhorias possíveis para obtenção de uma classe energética, suscitou desde logo o interesse que conduziu ao desenvolvimento deste trabalho.

A proposta a desenvolver no âmbito do presente trabalho, assenta em procedimentos de cálculo que, tendo como base o projecto de térmica do edifício do caso de estudo, permite realizar a simulação de diferentes combinações de sistemas de climatização para aquecimento e arrefecimento e sistemas convencionais de produção de AQS, conseguindo comparar os valores obtidos em termos de emissões anuais de gases de efeito de estufa e o valor dispendido nas facturas energéticas anual e mensal para climatização e preparação de AQS.

1.3 - Organização do trabalho

O presente trabalho subdivide-se em três partes: pré-textual, textual e referencial.

A primeira parte inclui a dedicatória, os agradecimentos, o resumo analítico com as respectivas palavras-chave, índice, lista de figuras, lista de quadros e lista de acrónimos.

A parte textual inclui o Capítulo 1, onde se faz o enquadramento do tema, se apresentam os objectivos traçados para este trabalho e se justifica o tema proposto, para além de se descrever a organização do trabalho.

O Capítulo 2 é dedicado ao contexto nacional energético e ambiental, onde se apresenta a Directiva Europeia e o processo da certificação energética, referindo o seu enquadramento, processo de certificação, âmbito de aplicação e entidades participantes no sistema de certificação energética.

No Capítulo 3 abordam-se os diversos planos nacionais de eficiência energética.

No Capítulo 4 apresentam-se as condições necessárias para obtenção do conforto termo-higrométrico interior em edifícios.

No Capítulo 5 apresentam-se os diferentes tipos de ventilação, referindo a ventilação natural e a ventilação forçada.

No Capítulo 6 são apresentados múltiplos sistemas de climatização para aquecimento e arrefecimento.

No Capítulo 7 apresentam-se múltiplas escolhas possíveis de sistemas convencionais para produção de AQS.

No Capítulo 8 são apresentados os diversos sistemas de aproveitamento de energias renováveis.

No Capítulo 9 é descrito o caso de estudo onde são apresentados os objectivos a alcançar, a metodologia adoptada, a descrição geral do edifício em estudo, as múltiplas variantes dos sistemas de climatização e AQS adoptadas, a classificação energética, emissões de CO_2 e factura energética, a análise e discussão dos resultados obtidos, para além das conclusões do caso de estudo.

No Capítulo 10, são enumeradas as conclusões gerais do trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

Da parte referencial constam as referências bibliográficas citadas neste trabalho e os Anexos.

Capítulo 2 - Contexto Nacional Energético e Ambiental

2.1 - Introdução

O actual contexto energético-ambiental do planeta permite perspectivar grandes desafios e necessidades de mudança nas décadas vindouras. Em Portugal são hoje prementes as preocupações com a limitação de emissões poluentes, nomeadamente no âmbito do Protocolo de Quioto e das negociações para o período pós-Quioto, a que acrescem questões como a segurança do abastecimento e o efeito sobre a competitividade económica. É, assim, da maior relevância antecipar as possibilidades de evolução futura do sistema energético [7].

A assinatura do Protocolo de Quioto marca o primeiro compromisso político colectivo claro, a favor da protecção do ambiente e da luta contra o aquecimento climático global. Nos termos do Protocolo de Quioto, os países industrializados comprometeram-se em reduzir as suas emissões colectivas de gases com efeito de estufa em 5,2% no período 2008-2012, face aos valores de 1990 (o que em relação ao nível previsto de emissões para 2012, antes do protocolo, representa uma redução efectiva de 29%) [14].

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO_2, ou seja, quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto [3].

Para fazer face a esta situação, os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista à melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. É neste contexto que surge a Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios [3].

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) é um dos três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal e que se pretende que venha a proporcionar economias significativas de energia para o país em geral e para os utilizadores dos edifícios, em particular. Juntamente com os diplomas que vieram rever a regulamentação técnica aplicável neste âmbito aos edifícios de habitação e pequenos edifícios de serviços (RCCTE, D.L. 80/2006) e aos grandes edifícios de serviços (RSECE, D.L. 79/2006), o SCE define regras e métodos para verificação da aplicação efectiva destes regulamentos às novas edificações, bem como aos imóveis já construídos [3].

O sistema em causa, promulgado pelo Decreto-Lei nº 78/2006, permitiu a Portugal posicionar-se entre os cinco primeiros países a transporem a Directiva nº 2002/91/CE de Desempenho Energético dos Edifícios [3].

A aplicação destes regulamentos é verificada em várias etapas ao longo do tempo de vida de um edifício, sendo essa verificação realizada por peritos devidamente qualificados para o efeito. São esses os agentes que, na prática e juntamente com a ADENE, asseguram a operacionalidade do SCE. A face mais visível deste trabalho é o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior emitido por um perito para cada edifício (fracção autónoma), onde o mesmo é classificado em função do seu desempenho numa escala pré-definida de 9 classes (A+ a G). A emissão do certificado pelo perito é realizada através de um sistema informático de suporte criado para o efeito, onde se constitui um registo central de edifícios certificados.

2.2 - Directiva Europeia

A directiva comunitária de 16 de Dezembro de 2002 foi criada com o intuito de [13]:

a) Aumentar a eficiência energética nos edifícios;

b) Potenciar a melhoria da qualidade dos edifícios novos e existentes;

c) Informar a população;

d) Minimizar a dependência externa de energia;

e) Reduzir a emissão de gases com efeito de estufa (GEE), contribuindo tal facto para o cumprimento do Protocolo de Quioto.

Na terceira Convenção do Quadro das Nações Unidas sobre alterações climáticas, que teve lugar em Quioto (Japão), em Dezembro de 1997, surgiu o Protocolo de Quioto - um protocolo internacional legalmente vinculativo, que estabeleceu objectivos para os países industrializados no que concerne às suas emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE), considerados como a principal causa do aquecimento global.

Portugal ratificou o Protocolo de Quioto em 31 de Maio de 2002, mas apenas entrou em vigor oficialmente em 16 de Fevereiro de 2005.

É no Protocolo de Quioto que se estabelece um calendário pelo qual, os países desenvolvidos têm a obrigação de reduzir a quantidade de gases poluentes em, pelo menos, 5,2% até 2012, em relação aos níveis de 1990, sendo esta percentagem variável entre os países signatários, de acordo com o princípio da responsabilidade comum, mas diferenciada.

Dos 160 participantes, 39 países industrializados comprometeram-se a limitar as suas emissões de GEE na atmosfera entre 2008 e 2012 em 5% em relação aos valores de 1990 e, no caso da UE, em 8%, o que pressupõe negociações complexas, já que a economia mundial está fortemente dependente do consumo de combustíveis fósseis e que alguns dos países intervenientes tenham que suportar as reduções mais ou menos acentuadas do respectivo Produto Interno Bruto. Entre os 39 países envolvidos, não se encontravam os EUA e a Austrália, embora estivessem presentes alguns dos maiores poluidores do mundo, tal como a China, a Rússia ou a Índia.

A União Europeia acordou numa redução global de 8% (definindo, ao abrigo do compromisso comunitário de partilha de responsabilidades, metas distintas para cada um dos seus Estados-Membros), ambicionando abater as emissões de GEE, em mais de 1% ao ano, desde 2012 a 2020. O Quadro 2-1 apresenta as diferenças das emissões de gases CFC entre 1990 e 2004 dos principais poluidores, segundo a ONU [2].

Quadro 2- 1- Emissões de CFC entre 1990 e 2004 dos principais poluidores, segundo a ONU [2]

País	**Diferença entre as emissões de CFC (1990-2004)**	**Objectivo da** União Europeia **para 2012**	**Obrigação do Tratado 2008-2012**
Alemanha	-17%	-21%	-8%
Canadá	+27%	Não assinado	-6%
Espanha	+49%	+15%	-8%
E.U.A.	+16%	Não assinado	Não assinado
França	-0.8%	0%	-8%
Grécia	+27%	+25%	-8%
Irlanda	+23%	+13%	-8%
Japão	+6.5%	Não assinado	-6%
Reino Unido	-14%	-12.5%	-8%
Portugal	+41%	+27%	-8%
Outros 15 países da UE	-0.8%	Não assinado	-8%

Os objectivos da Directiva nº 2002/91/CE são os seguintes:

a) Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;

b) Aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios bem como dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação;

c) Certificação energética dos edifícios;

d) A inspecção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios;

e) A avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos.

A Directiva nº 2002/91/CE foi transposta em 2006 para a ordem jurídica nacional através de um pacote legislativo composto por três Decretos-Lei:

a) O Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE);

b) O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);

c) O Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

O Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), tem por objectivos:

a) Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE;

b) Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;

c) Identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respectivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), que estabelece:

a) As condições a observar no projecto de novos sistemas de climatização, nomeadamente os requisitos em termos de conforto térmico, renovação, tratamento e qualidade do ar interior, que devem ser assegurados em condições de eficiência energética através da selecção adequada de equipamentos e a sua organização em sistemas;

b) Os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes e para todo o edifício, em particular, para a climatização, previsíveis sob condições nominais de funcionamento para edifícios novos ou para grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes que venham a ter novos sistemas de climatização abrangidos pelo presente Regulamento, bem como os limites de potência aplicáveis aos sistemas de climatização a instalar nesses edifícios;

c) Os termos de concepção, da instalação e do estabelecimento das condições de manutenção a que devem obedecer os sistemas de climatização, para garantia de qualidade e segurança durante o seu funcionamento normal, incluindo os requisitos, em termos de formação profissional, a que devem obedecer os principais intervenientes e a observância dos princípios da utilização de materiais e tecnologias adequados em todos os sistemas energéticos do edifício, na óptica da sustentabilidade ambiental;

d) As condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em termos dos consumos de energia e da qualidade do ar interior.

O Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que indica as regras a observar no projecto de todos os edifícios de habitação e dos pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de modo que [3]:

a) As exigências de conforto térmico, sejam elas de aquecimento ou de arrefecimento, e de ventilação para garantia de qualidade do ar no interior dos edifícios, bem como as necessidades de água quente sanitária, possam vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia;

b) Sejam minimizadas as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial impacto negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

A directiva é relativa ao sector residencial e ao sector terciário (escritórios, edifícios públicos, etc.). No entanto, certos edifícios estão excluídos do âmbito de aplicação das disposições relativas à certificação, como, por exemplo, os edifícios históricos, os sítios industriais, etc. A directiva visa todos os aspectos da eficiência energética dos edifícios com vista a estabelecer uma abordagem realmente integrada. No entanto, esta directiva não prevê medidas relativas aos equipamentos não fixos, como os aparelhos electrodomésticos. No âmbito do plano de acção sobre a eficiência energética, já foram aplicadas, ou estão a ser actualmente consideradas, medidas relativas à rotulagem e ao rendimento mínimo obrigatório [15].

2.3 - Certificação Energética

Quanto à legislação existente relativa à certificação energética, destacam-se os seguintes despachos, portarias e regulamentos [19]:

a) Despacho n.º 10250/2008 de 8 de Abril, que define o Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior, emitidos no âmbito do SCE (D.L. 78/2006 de 4 de Abril);

b) A Portaria nº 835/2007 de 7 de Agosto, que define o valor das taxas de registo das Declarações de Conformidade Regulamentar e dos Certificados Energéticos na Agência para a Energia (ADENE);

c) A Portaria nº 461/2007 de 5 de Junho, que define a calendarização da aplicação do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE);

d) O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE);

e) O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).

A entrada em vigor do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) decorre de acordo com a calendarização definida na Portaria 461/2007 de 5 de Junho, ilustrada esquematicamente na Figura 2-1. Esta define que ficam abrangidos pelo sistema [3]:

a) Os novos edifícios destinados à habitação com área útil superior a 1000 m^2 e os edifícios de serviços, novos ou que sejam objecto de grandes obras de remodelação, cuja área útil seja superior aos limites mínimos estabelecidos nos n.ºs 1 ou 2 do artigo 27º do RSECE, de 1000 m^2 ou de 500 m^2, consoante a respectiva tipologia, cujos pedidos de licenciamento ou autorização de edificação sejam apresentados à entidade competente a partir de 1 de Julho de 2007;

b) Todos os edifícios novos, independentemente da sua área ou fim, cujos pedidos de licenciamento ou autorização de edificação sejam apresentados à entidade competente a partir de 1 de Julho de 2008;

c) Todos os edifícios, a partir de 1 de Janeiro de 2009.

Figura 2-1 - Calendarização definida na Portaria 461/2007 de 5 de Junho [3]

2.3.1 - Enquadramento

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) enquadra-se no âmbito da Directiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Essa Directiva estabelece que os Estados-Membros da União Europeia devem implementar um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios públicos e edifícios frequentemente visitados pelo público.

De acordo com a Directiva, a certificação energética deve permitir aos futuros utentes obter informação sobre os consumos de energia potenciais, no caso dos novos edifícios ou no caso de edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, dos seus consumos reais ou aferidos para padrões de utilização típicos, passando o critério dos custos energéticos, durante o funcionamento normal do edifício, a integrar o conjunto dos demais aspectos importantes para a caracterização do edifício.

Para além da Directiva, o SCE vem dar expressão a uma das medidas contempladas na Resolução do Conselho de Ministros n° 169/2005 de 24 de Outubro, que aprova a estratégia nacional para a energia, no que respeita à linha de orientação política sobre eficiência energética. Enquadra-se também numa das medidas previstas no Programa Nacional para Alterações ou Certificação Energética Climáticas.

2.3.2 -Processo de certificação

O processo de certificação envolve a actuação de um Perito Qualificado, o qual terá que verificar a conformidade regulamentar do edifício no âmbito do(s) regulamento(s) aplicáveis (RCCTE e/ou RSECE), classificá-lo de acordo com o seu desempenho energético e eventualmente propor medidas de melhoria. Em resultado da sua análise o perito pode emitir:

a) A Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR) necessária para a obtenção do pedido de Licença de Construção;

b) O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (CE) necessário para a obtenção do pedido de Licença de Utilização ou, no caso de edifícios existentes, para venda ou arrendamento do imóvel.

O Certificado a atribuir por edifício ou fracção autónoma residencial/serviços, pretende:

a) Criar uma etiqueta de desempenho energético uniforme para os edifícios;

b) Enumerar medidas de melhoria de desempenho energético;

c) Potenciar economias de energia de 20% a 40% nos edifícios e consequentes reduções de emissões de CO_2

Na Figura 2.2 estão esquematizadas as fases de intervenção do perito nas várias etapas da vida de um edifício (projecto, construção e utilização). As intervenções relativas ao Novo Certificado Energético após Auditoria Energética periódica e as Inspecções Periódicas apenas se aplicam a edifícios abrangidos pelo RSECE.

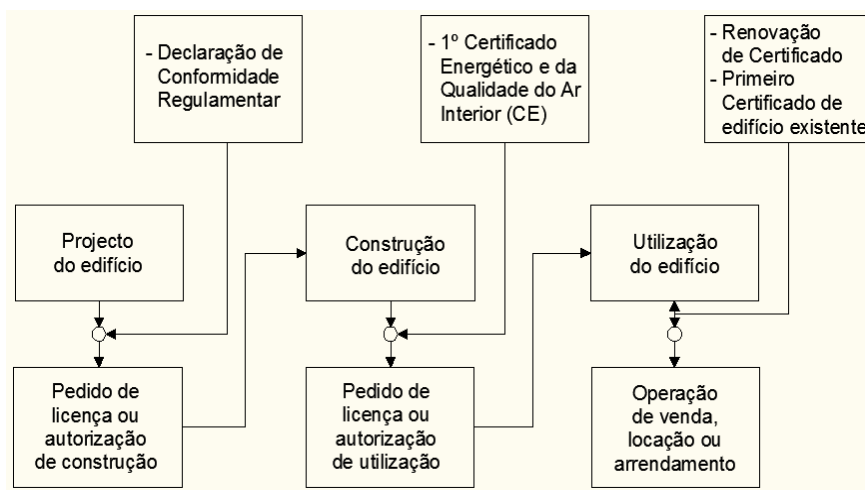



Figura 2-2 - Fases de intervenção do perito nas várias etapas da vida de um edifício [3]

A DCR e o CE são documentos distintos, mas no entanto, obtêm-se através do mesmo processo de base, funcionando a DCR como um "pré-certificado". Uma DCR tem o mesmo formato e tipo de conteúdos que um CE, mas com algumas diferenças a nível de apresentação final, no que se refere ao nome e número do documento. A informação contida na DCR tem um carácter provisório, pois baseia-se em elementos e dados de projecto (incluindo a classificação energética). Esta apenas passa a definitiva com a emissão do CE, após a verificação do PQ no final da obra. A DCR não tem prazo de validade, enquanto que o CE tem uma validade de 10 anos.

Todas as DCR's e CE's com a marca de água com o texto "Impressão de teste – sem validade legal" não são legalmente válidas para entrega na entidade licenciadora.

O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior, emitido por um PQ para cada edifício ou fracção autónoma, é a face visível da aplicação dos regulamentos (RCCTE e RSECE). O CE/DCR inclui a classificação do imóvel em termos do seu desempenho energético, determinada com base em pressupostos nominais (condições típicas ou convencionadas de funcionamento).

O custo de emissão das Declarações de Conformidade Regulamentar e dos Certificados Energéticos pelos Peritos Qualificados, não possui valores tabelados, variando com o tipo e complexidade do edifício.

O registo das Declarações de Conformidade Regulamentar e dos Certificados Energéticos está sujeito ao pagamento de uma taxa variável, tendo por base a finalidade dos edifícios, de acordo a Portaria n.º 835/2007 de 7 de Agosto.

O montante da taxa correspondente ao registo do certificado previsto no SCE, relativo a edifícios destinados à habitação, é de € 45,00 por fracção, acrescida da taxa do IVA em vigor.

Relativamente a edifícios destinados a serviços, o montante da taxa correspondente ao registo do certificado previsto no SCE, é de € 250,00 por fracção, acrescida da taxa do IVA em vigor.

O pagamento do montante da taxa referente aos registos na ADENE, no decurso dos procedimentos de licenciamento de edifícios novos ou existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, mencionadas no número anterior, é faseado da seguinte forma:

a) 70% do montante da taxa com o registo da declaração de conformidade regulamentar do projecto, no decurso do procedimento de licenciamento ou autorização de construção;

b) 30% do montante da taxa com o registo do certificado do desempenho energético e da qualidade do ar interior nos edifícios, no momento do pedido de emissão da licença ou autorização de utilização.

O pagamento do montante da taxa relativo a edifícios existentes destinados à habitação ou serviços, nos termos da alínea c) do n.º 1 do artigo 3.º do SCE, é efectuado em acto único.

O Quadro 2-2 resume a informação contida nos Certificados Energéticos no âmbito do RCCTE e do RSECE.

O Quadro 2-3 resume a informação relativa aos prazos de validade dos certificados energéticos. O prazo de validade dos certificados para os edifícios que estejam sujeitos ao RCCTE é de 10 anos. Relativamente aos edifícios sujeitos ao RSECE, no que se refere à Qualidade do Ar Interior, a periodicidade das auditorias, com consequente emissão dos certificados, são as seguintes:

a) Edifícios ou locais que funcionem como estabelecimentos de ensino ou de qualquer tipo de formação, desportivos e centros de lazer, creches, infantários ou instituições e estabelecimentos para permanência de crianças, centros de idosos, lares e equiparados, hospitais, clínicas e similares: 2 anos;

b) Edifícios ou locais que alberguem actividades comerciais, de serviços, de turismo, de transportes, de actividades culturais, escritórios e similares: 3 anos;

c) Restantes casos: 6 anos.

Quadro 2- 2 - Informação contida nos certificados energéticos no âmbito do RCCTE e do RSECE [3]

	RCCTE		RSECE				
Informações disponíveis	1ª Fase	2ª Fase	1ª Fase	2ª Fase	3ª Fase	PQ - Energia	PQ - QAI
Etiqueta de desempenho energético	X	X	X	X	X	X	
Qualidade do Ar Interior							X
Desagregação das necessidades nominais de energia útil	X	X					
Descrição sucinta do edifício ou fracção autónoma	X	X	X	X	X	X	X
Propostas de medidas de melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior	X	X	X	X	X	X1	X2
Paredes, coberturas e pavimento	X	X	X	X	X	X	
Vãos envidraçados	X	X	X	X	X	X	
Climatização	X	X	X	X	X	X	
Iluminação (interior e exterior)			X	X	X	X	
Preparação de águas quentes sanitárias (AQS)	X	X	X	X	X	X	
Outros consumos (incluindo equipamentos)			X	X	X	X	
Sistemas de aproveitamento de energias renováveis	X	X	X	X	X	X	
Ventilação	X	X					
Caudais de ar novo por espaço			X	X			X
Concentração dos principais poluentes do ar interior (medidos em auditoria)					X		X
Condução e manutenção das instalações e sistemas energéticos			X	X	X	X	X
Técnicos responsáveis					X	X	X
Inspecções periódicas a caldeiras, sistema de aquecimento e equipamentos de ar condicionado					X	X	
Observações e notas	X	X	X	X	X	X	X

Com 1ª Fase – Declaração de Conformidade Regulamentar (licença ou autorização de construção); 2ª Fase – Certificado energético (licença ou autorização de utilização); 3ª Fase – Certificado energético de edifícios existentes; X1 - O PQ RSECE- Energia apenas é responsável pelas medidas de melhoria proposta na sua área de intervenção; X2 - O PQ RSECE- QAI apenas é responsável pelas medidas de melhoria proposta na sua área de intervenção.

Ainda no âmbito do RSECE, referente aos edifícios de serviços novos, prevê-se a primeira auditoria energética, com consequente emissão de certificado, ao final do 3º ano de utilização dos mesmos. A periodicidade das auditorias energéticas nos grandes edifícios de serviços existentes é de 6 anos.

Quadro 2-3 - Validade dos certificados, consoante o tipo de edifício [3]

<table>
<tr><th rowspan="2">Tipos de edifícios</th><th rowspan="2">Regulamento aplicável</th><th colspan="2">Validade dos certificados</th></tr>
<tr><th>Auditoria QAI*</th><th>Auditoria energética*</th></tr>
<tr><td colspan="4">Edifícios de habitação</td></tr>
<tr><td>Edifícios de habitação</td><td>RCCTE</td><td colspan="2">10 anos</td></tr>
<tr><td colspan="4">Edifícios de serviços</td></tr>
<tr><td>Edifícios ou locais que funcionem como estabelecimentos de ensino ou de qualquer tipo de formação, desportivos e centros de lazer, creches, infantários ou instituições e estabelecimentos para permanência de crianças, centros de idosos, lares e equiparados, hospitais, clínicas e similares</td><td rowspan="3">RSECE</td><td>2 anos</td><td rowspan="3">6 anos</td></tr>
<tr><td>Edifícios ou locais que alberguem actividades comerciais, de serviços, de turismo, de transportes, de actividades culturais, escritórios e similares</td><td>3 anos</td></tr>
<tr><td>Outros edifícios de serviços</td><td>6 anos</td></tr>
</table>

2.3.3 - Âmbito de Aplicação

Estão abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), cuja entrada em vigor é definida em Portaria, os seguintes edifícios:

a) Os novos edifícios, bem como os existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, ou seja uma intervenção na envolvente ou nas instalações, energéticas ou outras, do edifício, cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício, nas condições definidas no RCCTE, independentemente de estarem ou não sujeitos a licenciamento ou a autorização, e da entidade competente para o licenciamento ou autorização, se for o caso;

b) Os edifícios de serviços existentes, sujeitos periodicamente a auditorias, conforme especificado no RSECE;

c) Os edifícios existentes, para habitação e para serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário

deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE.

Excluem-se do âmbito de aplicação do SCE as infra-estruturas militares e os imóveis afectos ao sistema de informações ou a forças de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo e confidencialidade.

Em relação aos regulamentos técnicos (RCCTE e RSECE), o âmbito de aplicação pode ser sintetizado nos Quadros 2.4, 2.5 e 2.6.

Quadro 2-4 - Âmbito de aplicação dos regulamentos técnicos (RCCTE e RSECE) [3]

Aplicação dos Regulamentos Térmicos dos Edifícios		
Habitação	Sujeitos a licenciamento municipal e a processo de Certificação Energética	
Novos Edifícios	Regulamentos aplicáveis	Requisitos
Sem sistemas de climatização ou Pr*<=25 kW	RCCTE	Energéticos
Com sistemas de climatização Pr*> 25 kW	RCCTE+RSECE	Energéticos e Qualidade do ar

* Potência nominal de aquecimento ou arrefecimento

Quadro 2-5 - Âmbito de aplicação dos regulamentos técnicos (RCCTE e RSECE) [3]

Aplicação dos Regulamentos Térmicos dos Edifícios		
Serviços	Sujeitos a licenciamento municipal e a processo de Certificação Energética	
Novos Edifícios	Regulamentos aplicáveis	Requisitos
Todos os pequenos edifícios sem sistemas de climatização ou P<=25 kW	RCCTE	Energéticos
Pequenas áreas < 1000/500 m^2 todos os edifícios com P>25 kW	RSECE	Energéticos e Qualidade do ar
Grandes áreas > 1000/500 m^2 todos os edifícios		

Quadro 2-6 - Âmbito de aplicação dos regulamentos técnicos (RCCTE e RSECE) [3]

Aplicação dos Regulamento Térmicos dos Edifícios		
Edifícios Serviços Existentes	Procedimentos	Requisitos
Grandes Áreas >1000/500 m^2	Auditoria Energética e QAI	Energéticos e Qualidade do ar

Os requisitos a verificar no âmbito dos novos regulamentos, diferem de acordo com a tipologia do edifício.

No âmbito do RCCTE os requisitos de verificação regulamentar são aplicáveis a edifícios novos aquando da emissão das licenças para construção e utilização. De seguida apresentam-se os mais relevantes:

a) Requisitos energéticos, nomeadamente coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis em zona corrente e zona não corrente da envolvente opaca, factor solar máximo admissível dos vão envidraçados e valores limite para as necessidades nominais de energia útil (aquecimento, arrefecimento, águas quentes sanitárias) e de energia primária;

b) Obrigatoriedade de recurso a colectores solares para produção de AQS;

c) Valor mínimo admissível de 0,6 renovações por hora de ar novo.

No âmbito do RSECE os requisitos de verificação regulamentar são aplicáveis, a edifícios novos e existentes aquando da emissão das licenças para construção e utilização e emissão de certificados após Auditoria Energética vertente Energia e QAI. Apresentam-se de seguida os mais relevantes:

a) Requisitos energéticos, incluindo a limitação do consumo nominal específico de energia;

b) Requisitos para concepção de novos sistemas de climatização;

c) Requisitos para construção, ensaios e manutenção das instalações;

d) Requisitos para a manutenção da Qualidade do Ar Interior;

e) Requisitos do SCE, nomeadamente a afixação de cópia do certificado válido em local acessível e bem visível junto à entrada.

2.3.4 - Entidades participantes no SCE

São várias as entidades que participam no SCE conforme se ilustra no Quadro 2-7, cada uma com competências específicas, sendo descritas em seguida:

a) Entidades supervisoras: Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), para as áreas de Certificação e Eficiência Energética e a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), para a área da Qualidade do Ar Interior;

b) Entidade gestora: Agência para a Energia (ADENE);

c) Peritos Qualificados (PQ): individualmente responsáveis pela condução do processo de certificação dos edifícios, sendo os agentes que, no terreno, asseguram a operacionalidade do SCE;

d) Entidades responsáveis pelo reconhecimento profissional de PQ's: Ordem dos Arquitectos (OA), Ordem dos Engenheiros (OE) e Associação Nacional de Engenheiros Técnicos (ANET);

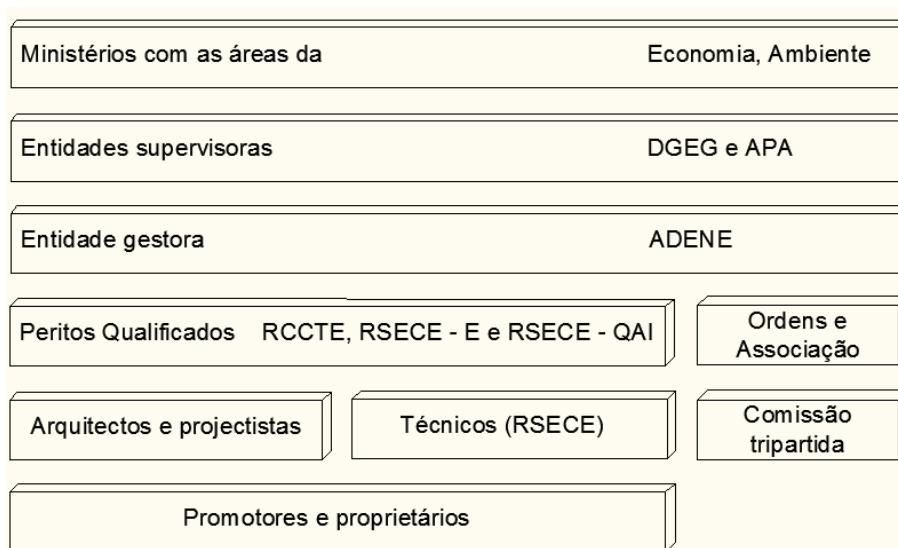
e) Promotores ou Proprietários de edifícios ou equipamentos: Responsáveis pelo cumprimento de todas as obrigações decorrentes do SCE, RCCTE e RSECE;

f) Entidades competentes para contra-ordenações: DGEG (Direcção Geral de Energia e Geologia) na área da Certificação Energética e a IGAOT (Inspecção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território) na área da Qualidade do Ar Interior;

g) Entidades fiscalizadoras: ADENE ou entidades mandatadas para auditar o trabalho dos PQ's;

h) Comissão responsável pelo reconhecimento dos técnicos de instalação e manutenção de sistemas de climatização e de QAI e técnicos responsáveis pelo funcionamento de sistemas energéticos: Comissão tripartida, no âmbito de um protocolo assinado pelas entidades que a compõem, DGEG, APA, Associação Portuguesa da Industria de Refrigeração e Ar Condicionado (APIRAC), Associação Portuguesa dos Engenheiros de Frio Industrial e Ar Condicionado (EFRIARC) e o Centro de Formação Profissional para a Indústria Térmica e Energia (APIEF)

Quadro 2-7 - Entidades participantes no SCE [3]

Ministérios com as áreas da	Economia, Ambiente	
Entidades supervisoras	DGEG e APA	
Entidade gestora	ADENE	
Peritos Qualificados	RCCTE, RSECE - E e RSECE - QAI	Ordens e Associação
Arquitectos e projectistas	Técnicos (RSECE)	Comissão tripartida
Promotores e proprietários		

2.4 - Conclusões

Devido à situação energética da Europa, a Comissão Europeia criou uma Directiva sobre o Desempenho Energético dos Edifícios (2002/91/CE), onde foi introduzida a certificação obrigatória de edifícios e que levou ao aparecimento em Portugal do Sistema de Certificação

Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios e à obrigatoriedade da qualificação profissional de peritos de certificação energética.

A Directiva 2002/91/CE obrigou à implementação de um sistema de certificação energética, que informa os cidadãos sobre a qualidade térmica dos edifícios aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, permitindo aos futuros utilizadores a obtenção de informações sobre os consumos de energia potenciais (para edifícios novos), reais ou estimados para padrões de utilização típicos (para edifícios existentes).

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) foi desenvolvido no âmbito da nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios e pretende reduzir a energia gasta por Portugal.

Apesar dos certificados energéticos incluírem muita informação detalhada, nomeadamente relativa aos consumos de energia potenciais, emissões de CO_2, entre outros, não fazem qualquer referência à factura energética potencial, estimada para o padrão de utilização típico. Esta informação poderia ser relevante para o utilizador, para além de também poder ser incluída informação acerca do custo de manutenção, vantagens, desvantagens, entre outros.

Capítulo 3 - Plano Nacional de Eficiência Energética

3.1 - Introdução

Portugal depende fortemente de recursos energéticos. As importações de petróleo, que em 1998 representavam 6% das importações totais, aumentaram, em 2004, para os 11%. Uma vez que Portugal tem de produzir, em 2010, 39% da sua electricidade fina através de fontes de energia renováveis, os desafios que se colocam são grandes, e necessitam de acções imediatas e concretas.

Para responder a este desafio, o Governo Português publicou, em Outubro de 2005, na Resolução do Conselho de Ministros nº. 169/2005, a estratégia nacional para a energia, que tem, como objectivos centrais, garantir a segurança do abastecimento de energia, estimular e favorecer a concorrência, competitividade e eficiência das empresas, e garantir a adequação ambiental de todo o processo energético, reduzindo os vários impactos ambientais, nomeadamente a intensidade carbónica do PIB.

Neste documento estratégico [39], o Governo afirma que está fortemente empenhado em «*aumentar a eficiência energética e reduzir as emissões de CO_2, com a diminuição do peso dos combustíveis fósseis nas fontes primárias de energia, através de medidas que, dos transportes à construção de edifícios e à procura pública, insiram a variável energética na escolha dos consumidores*».

A directiva 2002/91/CE sobre o desempenho energético dos edifícios previa, a partir de 2006, um ganho estimado em cerca de 40 milhões de toneladas de petróleo, até 2020. Esta directiva impôs a certificação do desempenho energético dos edifícios com mais de 50 m^2, quando estes são construídos, vendidos ou arrendados.

Em 2005, o consumo de veículos privados e motociclos na UE representava cerca de 10% do consumo bruto europeu. Para limitar o consumo energético, a UE tem vindo a desenvolver acordos voluntários com a indústria automóvel e a promover a rotulagem dos automóveis.

A optimização da gestão do tráfego, o desenvolvimento de um mercado de veículos não poluentes, a cobrança de taxas de utilização da infra-estrutura de forma a alterar comportamentos, e um melhor controlo da pressão dos pneumáticos são algumas das medidas que se previam vir a ser adoptadas de forma a promover um consumo mais eficiente.

A UE tem em vigor uma campanha de sensibilização sobre energia sustentável junto do mercado de consumidores domésticos, mas ainda dos técnicos das áreas profissionais determinantes para a promoção da eficiência energética.

Os desafios ambientais, o custo dos consumos energéticos mas também igualmente o contexto legislativo são uma realidade incontestável e estão cá para nos convencer deste facto.

Se bem que um grande número de factores influencie atitudes e opiniões em matéria de eficiência energética, em particular o aumento do custo da energia e o sentimento crescente das nossas responsabilidades ecológicas, é bastante provável que seja a legislação a ter um impacto mais profundo nos nossos comportamentos e procedimentos.

Os diversos governos, um pouco por todo o mundo, definiram objectivos de economias de energia e introduziram regulamentação necessária para os atingir.

3.2 - Medidas específicas de eficiência energética

Em seguida, serão apresentadas as medidas específicas mais relevantes de eficiência energética adoptadas em Portugal.

3.2.1 - Plano Nacional para o Desenvolvimento Económico e Social (PNDES)

A nível nacional, foi desenvolvido o Plano Nacional para o Desenvolvimento Económico e Social (2000-2006). Neste documento, o Governo definiu os vários objectivos ambientais a serem alcançados no período definido.

3.2.2 - Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)

O Programa Nacional para as Alterações Climáticas foi apresentado para discussão pública em 2001. Este foi o primeiro programa nacional desenvolvido com o objectivo específico de controlar e reduzir as emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE), de modo a respeitar os compromissos de Portugal no âmbito do Protocolo de Quioto e da partilha de responsabilidades no seio da UE.

Este plano foi pensado para o horizonte temporal 2008-2012 e pretende avaliar as respectivas emissões de GEE, quantificando o esforço de redução necessário para cumprir os compromissos assumidos por Portugal. Nesse sentido, lança uma série de medidas, políticas e instrumentos, com impacto ao nível da redução das emissões de GEE nos vários sectores da economia.

No âmbito desta estratégia, o sector da energia afigura-se como um sector chave, dada a relevância do seu contributo em termos de emissões de GEE, seja ao nível da oferta de energia, seja na promoção da utilização racional de energia nos sectores consumidores (procura).

3.2.3 - Programa para a Eficiência Energética em Edifícios - P3E

Este programa, promovido pela DGGE em 2001, tem como objectivo melhorar a eficiência energética dos edifícios em Portugal. Nesse sentido, definiu um conjunto de actividades estratégicas a desenvolver no curto prazo, por forma a moderar a actual tendência de crescimento dos consumos energéticos nos edifícios e, consequentemente, o nível das emissões dos GEE inerentes.

O P3E é consubstanciado pela aprovação do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, assim como pela revisão dos dois regulamentos existentes - o RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios) e o RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios).

Com a criação do Sistema de Certificação Energética, todos os novos edifícios passaram a ter, à semelhança dos electrodomésticos, um certificado que caracteriza o seu consumo energético. Garantiu-se ainda com a implementação deste sistema:

a) A correcta aplicação das condições de conforto térmico e de higiene requeridas (requisitos exigências) em todas as novas construções;

b) A melhoria da eficiência energética global dos edifícios (não só nos consumos para climatização, mas em todos os consumos de energia existentes);

c) A imposição de regras de eficiência nos sistemas de climatização, que permitam melhorar o seu desempenho energético.

3.2.4 - Programa E4 - Eficiência Energética e Energias Endógenas

Em Setembro de 2001, o Ministério da Economia lançou o Programa E4 - Eficiência Energética e Energias Endógenas, com o objectivo de alcançar a meta estipulada pela União Europeia para a produção de electricidade a partir de fontes renováveis. Este programa visou modernizar e melhorar a competitividade da economia portuguesa, através de uma intervenção abrangente na problemática da energia, assentando em três grandes eixos de intervenção:

a) A diversificação do acesso às formas de energia disponíveis no mercado;

b) A promoção da melhoria da eficiência energética, dando particular atenção às oportunidades e meios de optimização da eficiência do lado da procura;

c) A promoção da valorização das energias endógenas, nomeadamente a hídrica, a eólica, a biomassa, a solar (térmica e fotovoltaica) e a energia das ondas.

O Programa E4 reúne um conjunto de medidas para melhorar a eficiência energética e o aproveitamento das energias renováveis em Portugal. Destacam-se medidas de incentivo financeiro à eficiência energética e às energias endógenas, no âmbito do Programa Operacional de Economia (POE), actualmente designado por PRIME- Programa de Incentivos à Modernização da Economia.

3.2.5 - Programa Água Quente Solar para Portugal (AQSpP)

Para potenciar o aumento da contribuição da energia solar para o aquecimento de água, foi lançada a Iniciativa Pública AQSpP- Programa Água Quente Solar, promovida pela Direcção Geral de Geologia e Energia (DGGE) e com o apoio de várias entidades.

Este programa, lançado em 2001, visa promover o recurso a colectores solares para aquecimento de água, quer nos sectores residencial e serviços, quer na indústria. O objectivo é instalar 1 000 000 m^2 de colectores até 2010, evitando 1% de emissões de Gases com Efeito de Estufa.

3.2.6 - Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS)

Depois de ter assumido uma série de compromissos, Portugal apresentou um documento intitulado "Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável" (ENDS 2002), na preparação da Cimeira Mundial de Joanesburgo. Esta foi revista e actualizada em Julho de 2004, altura em que foi apresentada uma nova proposta para 2005-2015.

A definição e a adopção deste documento estratégico, que irá identificar os objectivos a atingir e as medidas ou acções a adoptar para os alcançar, é um passo necessário para que Portugal possa aproximar-se dos níveis de desenvolvimento dos países mais avançados da União Europeia assegurando, assim, o adequado equilíbrio das dimensões económica, social e ambiental do desenvolvimento.

3.2.7 - Estratégia nacional para a energia

A Estratégia Nacional para a Energia, aprovada em Outubro de 2005, assenta em princípios básicos, como:

a) A garantia da segurança de abastecimento de recursos energéticos;

b) O estímulo à competitividade das empresas do sector da energia e do tecido produtivo nacional em geral;

c) A garantia da adequação ambiental de todo o processo energético.

O cumprimento destes objectivos levou ao desenvolvimento de um plano de reestruturação do sector energético do país. Este plano pode ser traduzido em oito linhas de orientação, com medidas que irão ao encontro dos instrumentos legislativos, fiscais e regulamentares adequados, sendo elas [13]:

a) A liberalização do mercado da electricidade, do gás e dos combustíveis;

b) O enquadramento estrutural da concorrência nos sectores da electricidade e do gás natural;

c) O reforço das energias renováveis;

d) A promoção da eficiência energética;

e) O aprovisionamento público energeticamente eficiente e ambientalmente relevante;

d) A reorganização da fiscalidade e dos sistemas de incentivos do sistema energético;

e) A prospectiva e inovação em energia;

f) A comunicação, sensibilização e avaliação da estratégia nacional para a energia.

3.2.8 - Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)

Com o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC 2006), Portugal torna obrigatório limitar, no mesmo período, o aumento das suas emissões de GEE em 27% sobre o valor verificado em 1990. Tal facto deve-se à verdadeira alteração de comportamentos para acompanhar as empresas e os particulares neste caminho.

Segundo o site "cumprirquioto.pt", da responsabilidade da Comissão para as Alterações Climáticas e que espelha as medidas do Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), pode verificar-se que das 25 medidas (e submedidas) presentes em 2008, sete não têm indicação ou não estão em execução, oito foram aplicadas a 100% ou até excederam as expectativas, mas dez, entre as quais as mais importantes, estão na sua maioria muito aquém da execução prevista.

Medidas essenciais em termos do sistema de transportes, como a transferência de 5% dos quilómetros percorridos por utilizadores do transporte individual para o transporte público, resultado da acção das Autoridades Metropolitanas de Transporte de Lisboa e Porto, ficaram-se pelos 32% no caso de Lisboa ou nem são alvo de contabilização no caso do Porto.

A Quercus tem vindo a insistir na incapacidade de implementação de muitas acções do PNAC para a redução das emissões do país, em particular na área do transporte rodoviário, com uma política que continua a passar pela construção de mais estradas e auto-estradas e pelo favorecimento claro do automóvel, em detrimento de uma mobilidade mais sustentável para passageiros e mercadorias.

As Autoridades Metropolitanas continuam inactivas, não havendo investimento em mais comboios, a necessária articulação da bilhética, preços mais justos para os utilizadores pouco frequentes, entre outros aspectos.

A acção das Autoridades Metropolitanas dos Transportes de Lisboa e do Porto também faz parte do Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE), dada a sua importância. No entanto, o PNAEE prevê ainda outras medidas ao nível da Mobilidade Urbana com o objectivo de reduzir o consumo de energia na área dos transportes.

Alguns exemplos são os Planos de Mobilidade Urbana em *office parks* e parques industriais e a melhoria na eficiência dos transportes públicos, com uma redução em cada medida entre 5 e 15% em relação ao consumo estimado.

3.2.9 - Plano de acção para a eficiência energética

A Comissão adoptou um plano de acção, cujo objectivo é reduzir 20% do consumo de energia até 2020. O plano de acção inclui medidas que visam:

a) Melhorar o rendimento energético dos produtos, dos edifícios e serviços, da produção e distribuição de energia;

b) Reduzir o impacto dos transportes no consumo energético;

c) Facilitar o financiamento e a realização de investimentos neste domínio;

d) Suscitar e reforçar um comportamento racional em termos de consumo de energia;

e) Consolidar a acção internacional em termos de eficiência energética.

Este plano de acção pretende mobilizar o grande público, assim como as instâncias políticas de decisão e os agentes do mercado, para além de transformar o mercado interno da energia para que os cidadãos da União Europeia (UE) beneficiem de infra-estruturas (incluindo os edifícios), produtos (aparelhos e automóveis, por exemplo), métodos e serviços energéticos que lhes ofereçam a maior eficiência energética a nível mundial.

O objectivo do plano de acção é controlar e reduzir a procura de energia, incidindo no consumo e no abastecimento, a fim de se obter até 2020 uma poupança de 20% no que respeita ao

consumo anual de energia primária (comparativamente às previsões de consumo de energia para 2020). Este objectivo corresponde a uma poupança de cerca de 1,5% por ano até 2020.

A obtenção de poupanças de energia significativas e duradouras implica, por um lado, o desenvolvimento de técnicas, produtos e serviços eficientes do ponto de vista energético e, por outro, uma alteração dos padrões comportamentais, com vista a um menor consumo de energia sem perda de qualidade de vida. O plano expõe uma série de medidas a curto e médio prazo, destinadas a concretizar esse objectivo.

O plano de acção abrange um período de 6 anos (de 1 de Janeiro de 2007 a 31 de Dezembro de 2012), que a Comissão considera suficiente para permitir a adopção e a transposição da maioria das medidas propostas. Para 2009, estava previsto proceder-se a uma avaliação intercalar.

A Comissão considera que as poupanças de energia mais significativas ocorrerão nos seguintes sectores:

a) Edifícios residenciais e para uso comercial (terciário), com um potencial de redução avaliado em, respectivamente, 27% e 30%;

b) Indústrias transformadoras, com hipóteses de poupanças da ordem dos 25%;

c) O sector dos transportes, com uma previsão de redução do consumo de 26%.

Estas reduções sectoriais no consumo de energia correspondem a economias globais estimadas em 390 milhões de toneladas de equivalente de petróleo (390 Mtep) anuais, ou seja, 100 mil milhões de euros por ano até 2020, permitindo ainda diminuir as emissões de CO_2 em 780 milhões de toneladas por ano.

Estas potenciais poupanças virão juntar-se à diminuição do consumo, estimada em 1,8% ou 470 Mtep anuais, fruto, designadamente, das medidas já lançadas e da substituição normal do equipamento.

A concretização do objectivo de 20% de poupança permitirá reduzir o impacto das alterações climáticas e a dependência da UE no que respeita às importações de combustíveis fósseis. O plano de acção contribuirá igualmente para o reforço da competitividade industrial, o desenvolvimento das exportações de novas tecnologias e terá repercussões positivas sobre o emprego. Além disso, as poupanças obtidas compensarão os investimentos efectuados nas tecnologias inovadoras.

As medidas adoptadas pela Comissão e apresentadas no plano de acção são as que apresentam a melhor relação custo-eficácia, ou seja, aquelas cujo ciclo de vida apresenta os custos ambientais mais baixos, não ultrapassando os investimentos previstos em matéria de energia. Algumas destas medidas são prioritárias e, por conseguinte, devem ser iniciadas o mais rapidamente possível, havendo outras a realizar gradualmente ao longo do período de seis anos do plano.

Em relação aos aparelhos e equipamentos consumidores de energia, uma acção eficaz passa por uma combinação entre normas de rendimento energético dos aparelhos e sistemas adequados de rotulagem e de classificação do desempenho energético destinados aos consumidores.

Nesta perspectiva, o plano de acção prevê a adopção de normas mínimas de concepção ecológica, com o objectivo de melhorar o rendimento energético de 14 grupos de produtos (entre os quais as caldeiras, os televisores e os sistemas de iluminação) e de outras gamas de produtos a mais longo prazo. Além disso, a Comissão pretende reforçar as regras relativas à rotulagem, nomeadamente através de uma actualização periódica das classificações e da extensão destas regras a outros equipamentos.

Com base na Directiva 2006/32/CE relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, a Comissão tenciona desenvolver linhas directrizes, um código de conduta e um processo de certificação aplicáveis a todos os sectores.

A fim de diminuir consideravelmente as perdas de calor nos edifícios, o plano de acção prevê a extensão do âmbito de aplicação da directiva relativa ao desempenho energético dos edifícios aos edifícios de menores dimensões, bem como o desenvolvimento de normas mínimas de desempenho aplicáveis aos edifícios novos ou renovados e a promoção das casas "passivas".

O sector da transformação da energia consome cerca de um terço da energia primária, enquanto o rendimento energético médio das instalações de conversão se situa em torno dos 40%. O potencial de melhoria é importante e permitiria reduzir significativamente as perdas de energia. O transporte e a distribuição de energia acarretam perdas de energia sobre as quais é possível agir.

A Comissão elaborará prescrições mínimas obrigatórias sobre eficiência energética destinadas às instalações de produção de electricidade, aquecimento e de frio com uma potência inferior a 20 MegaWatt e eventualmente às instalações de potência superior.

A Comissão tenciona também elaborar, em cooperação com os profissionais do sector, linhas directrizes relativas a boas práticas destinadas às instalações existentes, assim como aos fornecedores e distribuidores de energia. Além disso, a cogeração será reforçada e a ligação das unidades de geração descentralizada será incentivada.

Com quase 20% do consumo total de energia primária e o crescimento mais rápido em termos de consumo, o sector dos transportes constitui simultaneamente um grande risco para o ambiente (emissões de gases com efeito de estufa) e um dos factores principais de dependência dos combustíveis fósseis. Uma acção sobre o consumo dos automóveis e a promoção de transportes alternativos mais ecológicos são elementos fundamentais para a resolução destes problemas.

A Comissão tenciona impor um objectivo obrigatório de redução das emissões poluentes dos veículos a motor, com vista a atingir o limite de 120 g de CO_2/km até 2012. Esta pretende igualmente actuar sobre os componentes automóveis, tais como a climatização ou os pneus, nomeadamente, através de uma norma europeia relativa à resistência dos pneumáticos ao rolamento e do incentivo à instalação de sistemas de enchimento e de verificação da pressão dos pneus. Além disso, o reforço das regras relativas à rotulagem dos veículos permitirá promover veículos mais eficientes do ponto de vista do consumo, assim como campanhas de sensibilização adequadas e a compra de veículos menos poluentes pelas autoridades públicas.

Estudar-se-á igualmente a redução do consumo energético dos outros modos de transporte, tais como o ferroviário, aéreo e por vias navegáveis. Por conseguinte, o plano de acção faz referência, nomeadamente:

a) À iniciativa para incluir o sector da aviação no regime de comércio de emissões da UE;

b) À melhoria da gestão do tráfego aéreo;

c) À implementação do terceiro pacote ferroviário;

d) Às poupanças no fornecimento de electricidade produzida em terra aos navios acostados.

O plano de acção inclui vários tipos de medidas para facilitar os investimentos destinados a aumentar a eficiência energética. Neste contexto, a Comissão pretende convidar o sector bancário a oferecer possibilidades de financiamento adaptadas às pequenas e médias empresas (PME) e às empresas que fornecem soluções em matéria de eficiência energética (empresas de serviços energéticos). Além disso, facilitar-se-á a constituição de parcerias entre o público e o privado a nível do sector bancário privado, o Banco Europeu de Reconstrução e de Desenvolvimento (BERD), o Banco Europeu de Investimento (BEI) e outras instituições financeiras internacionais.

A Comissão prevê ainda suprimir, na medida do possível, os obstáculos jurídicos nacionais que restringem as poupanças partilhadas, o financiamento por terceiros, os contratos de desempenho energético e o recurso às empresas de serviços energéticos.

A utilização dos fundos estruturais e de coesão, permitirá igualmente apoiar as regiões carenciadas, em especial dos novos Estados-Membros, sobretudo no sector da habitação.

O sucesso do plano de acção depende fortemente das opções de compra dos consumidores. A fim de sensibilizar o público para a importância da eficiência energética, a Comissão tenciona desenvolver várias medidas de educação, entre as quais programas de formação e de educação que abordem os temas relacionados com a energia e as alterações climáticas. Propõe-se ainda a organização de um concurso que premeie a escola mais eficiente em termos de consumo de energia.

Além disso, a Comissão considera que as autoridades públicas deveriam dar o exemplo. Assim, a Comissão prevê obter a certificação EMAS para o conjunto dos edifícios de que é proprietária e alargar de seguida esta acção a todas as instituições da UE.

A Comissão prevê ainda adoptar linhas directrizes relativas aos contratos públicos e criar uma rede de intercâmbio de boas práticas entre as cidades, com destaque para a eficiência energética nas zonas urbanas.

As políticas europeias de desenvolvimento e de comércio, assim como os acordos, tratados e outros instrumentos de diálogo internacional, podem igualmente promover a difusão e a utilização a nível mundial de tecnologias e técnicas de elevado rendimento energético.

Promover-se-á também a realização de uma conferência internacional com o intuito da adopção de um acordo-quadro internacional sobre eficiência energética que envolverá os principais parceiros comerciais da UE e as principais organizações internacionais [26].

3.2.10 - Plano Energia-Alterações Climáticas

Na sequência do protocolo de Quioto, vários compromissos foram assumidos. Em 2008, a Comissão Europeia adoptou o plano Energia - Alterações Climáticas que se pode resumir ao objectivo "3 x 20 até 2020", tendo como objectivos:

a) 20% de redução dos consumos de energia;

b) 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa;

c) 20% de energias renováveis no total da energia produzida.

3.3 - Conclusões

O Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) vem trazer uma maior ambição e coerência às políticas de eficiência energética, abrangendo todos os sectores e agregando as várias medidas entretanto aprovadas e um conjunto alargado de novas medidas em 12 programas específicos [27].

Sendo a meta europeia de redução de emissões de 20% em 2020 e dado que as emissões de CO_2 têm como contribuintes:

a) O sector dos transportes com 27%;

b) O sector residencial com 16%;

c) O sector dos serviços com 8%;

d) O sector industrial com 49%.

Pode-se concluir que mais de 50% das emissões são atribuídas ao consumo de electricidade associado aos edifícios residenciais e comerciais, para além de que o impacto do aumento do consumo doméstico com a proliferação de equipamentos de ventilação e ar condicionado tem contribuído para este aumento do consumo de electricidade a um ritmo maior, do que com qualquer outra forma de energia.

As estatísticas demonstram ainda que na maior parte dos países europeus, em 2020, 80% dos edifícios já estarão construídos. Pode então concluir-se que as medidas de eficiência energética serão vitais para se atingirem os objectivos de redução de emissões.

No documento estratégico relativo à "estratégia nacional para a energia" [39], traduzido na Resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005, o Governo afirma-se fortemente empenhado em «*aumentar a eficiência energética e reduzir as emissões de* CO_2*, com a diminuição do peso dos combustíveis fósseis nas fontes primárias de energia, através de medidas que, dos transportes à construção de edifícios e à procura pública, insiram a variável energética na escolha dos consumidores*».

O trabalho que aqui se apresenta pretende precisamente contribuir para informar e inserir a variável energética na escolha dos consumidores, informando-os, não só relativamente à classe energética e emissão de CO_2, mas também relativamente a outros aspectos relevantes no contexto económico, como sejam, a factura energética potencial, o custo de aquisição, manutenção, vantagens e desvantagens, entre outros.

Capítulo 4 - Conforto Termo-Higrométrico Interior em Edifícios

4.1 - Introdução

Quando se realiza o estudo do ambiente interior em edifícios surge inevitavelmente associado o binómio "energia/conforto".

O termo "energia" surge sempre associado ao consumo de energia (de aquecimento, arrefecimento, entre outros). O objectivo será sempre o da sua redução para níveis aceitáveis.

O termo "conforto" deve ser interpretado no seu sentido mais lato, envolvendo algumas das suas múltiplas componentes, como sejam:

a) Conforto térmico (responsável pelos grandes consumos de energia);

b) Conforto higrotérmico (impedindo os efeitos patológicos resultantes da condensação);

c) Conforto visual/iluminação (em segundo lugar na lista de consumo de energia);

d) Conforto acústico, entre outros.

O "nível de conforto" é um parâmetro muito complexo e difícil de quantificar, já que depende não só de múltiplos parâmetros externos (cores, formas, luz, temperatura, humidade relativa, velocidade do ar, qualidade do ar, entre outros), mas também da sensibilidade e tipos de reacção dos indivíduos, do seu comportamento e actividade.

Para uma sensação de conforto, a temperatura deve ser estável no interior, tanto verticalmente como horizontalmente. A distribuição vertical é de especial importância. A distribuição mais próxima da distribuição fisiológica ideal é obtida com o aquecimento por piso radiante. Para o conforto térmico das pessoas numa sala aquecida, é importante que a temperatura da superfície de separação (incluindo os radiadores) seja tão próxima quanto possível da temperatura do ar. Esta é uma das vantagens do resultado da baixa temperatura dos aquecedores de grande porte, tais como por exemplo os pisos aquecidos.

Apenas os aquecedores transmitem a maioria do calor para dentro da sala por convecção. O ar na sala é aquecido a partir das grelhas e o calor é distribuído para o interior. O aquecedor também transfere calor por radiação, mas por causa de uma pequena área deste mecanismo é de pouca importância. O aquecimento por piso radiante tem uma temperatura relativamente baixa. Assim, o ar na sala é aquecido só um pouco, mas transmite-se uma grande quantidade de calor por radiação, por causa da enorme área de superfície, em comparação com o radiador.

No caso da radiação térmica a partir do piso, as pessoas são relativamente imunes ao factor da diferença de temperatura na vertical, porque o aquecimento do piso é feito a partir de baixo e a radiação de calor mais desconfortável é na cabeça. É por esta razão que raramente se utiliza aquecimento no tecto e no máximo aquecimento de parede.

Em muitos edifícios, a falta de qualidade do ar interior tem tido um impacto crescente na saúde dos seus ocupantes, dando origem a doenças crónicas, como por exemplo, as alergias respiratórias e cutâneas, para além de afectar os padrões de comportamento dos ocupantes, com reflexos significativos no bem-estar e na produtividade dos mesmos [1]. O controlo da QAI nos edifícios é, sem dúvida, um problema de saúde pública que importa solucionar em benefício dos seus ocupantes [1].

De acordo com as novas exigências e disposições regulamentares, no âmbito do RCCTE, para a garantia da qualidade do ar interior, são impostas taxas de referência para a renovação do ar, devendo as soluções construtivas adoptadas para os edifícios ou fracções autónomas, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, garantir a satisfação desses valores sob condições médias de funcionamento [11].

No âmbito do RSECE, as novas exigências em termos dos requisitos da QAI vão desde a imposição, para edifícios novos, de valores mínimos de renovação de ar por espaço, em função da sua utilização, à limitação de valores máximos de concentração de poluentes (CO, CO_2, COVs, partículas, etc), até à obrigação de todos os sistemas energéticos, construídos ou existentes, serem mantidos em condições de higiene por forma a garantir a qualidade do ar interior [19].

4.2 - Condições de conforto térmico

A definição de conforto termo-higrométrico em edifícios depende de factores subjectivos, obtidos através de sensações humanas que diferem de pessoa para pessoa. Considera-se que um indivíduo está colocado em condições de conforto termo-higrométrico quando não experimenta qualquer desagrado ou irritação, por forma a distraí-lo das suas actividades de momento. A condição básica para que tal se verifique é a de que o sistema termo-regulador do organismo se encontre em equilíbrio com o ambiente envolvente, obtendo-se então um estado de neutralidade térmica.

Para um ser humano saudável, o seu organismo funciona a uma temperatura aproximadamente constante de 36ºC. A energia calorífica (metabolismo) produzida pelos seus processos vitais, como por exemplo a circulação, a respiração, as reacções provenientes da digestão, entre outros e a actividade muscular, deverá ser dissipada na medida em que é produzida, de forma a não haver acumulação ou défice que provocam um funcionamento anormal.

Esta troca de calor com o meio envolvente efectua-se através das seguintes vias:

a) Condução, sendo realizada através do contacto directo das partes do corpo com elementos do contorno;

b) Convecção e radiação, sendo efectuada através da interacção da superfície do corpo com o ar por convecção e com outras superfícies por radiação;

c) Respiração e evaporação, através da transpiração pelos poros da pele.

O metabolismo resulta das trocas por condução, radiação e evaporação (Figura 4-1). O corpo humano tem um mecanismo próprio para a produção de calor. O calor gerado pela actividade metabólica é muito superior ao necessário para manter a temperatura corporal profunda, ao nível normal. Não há necessidade de fontes externas de calor; o requisito principal fisiológico de conforto térmico é para descarregar o excesso de calor. A Figura 4-2 apresenta as zonas de conforto termo-higrométrico, onde se avaliam apenas os parâmetros relativos à temperatura e humidade relativa do ar.

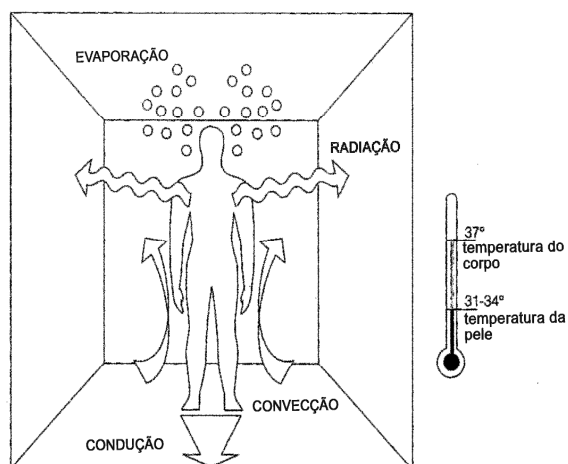



Figura 4-1 - Mecanismos de perdas de calor do corpo humano, adaptado de **[40]**

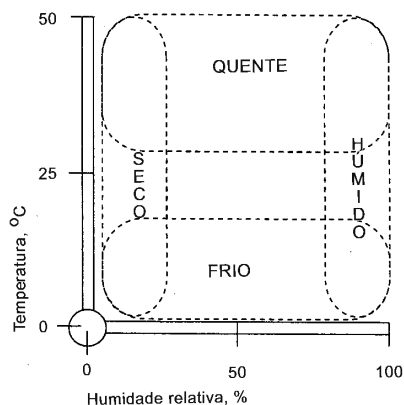



Figura 4-2 - Zona de conforto, adaptado de [40]

Os factores dos quais depende o estado de neutralidade térmica são classificados segundo dois parâmetros:

a) Parâmetros ambientais, tais como:

- A temperatura do ar;

- A temperatura radiante média;

- A velocidade do ar;

- A humidade relativa do ar;

b) Parâmetros individuais, tais como:

- O nível de actividade;

- O tipo de vestuário.

É de salientar que as condições fisiológicas não são, por si só, suficientes para caracterizar a sensação térmica provocada pelo ambiente, admitindo-se ainda ser necessário ter em conta factores de natureza psicológica e sociológica, tais como por exemplo: o sexo, a idade, o estrato sócio-cultural, a adaptação ecológica às regiões, entre outros.

Uma quantificação da neutralidade térmica proposta por Fanger (1972) foi a de assumir que esta era controlada por aspectos fisiológicos quantificáveis, sendo então possível a dedução de uma equação geral de conforto. Utilizando para o efeito uma escala de sete termos de -3 a +3, representando o zero a neutralidade térmica, Fanger estabeleceu um índice PMV (Predict Mean Vote) que permitia calcular, a partir das condições ambientais, da actividade e do tipo de vestuário, o valor médio esperado do voto dos indivíduos.

Com base numa análise estatística dos resultados da observação, correlacionou o PMV com a percentagem previsível de pessoas insatisfeitas PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) nas condições referidas. A relação existente entre a Percentagem Previsível de Insatisfeitos PPD e o Voto Médio Previsível PMV é a que se representa na Figura 4-3.

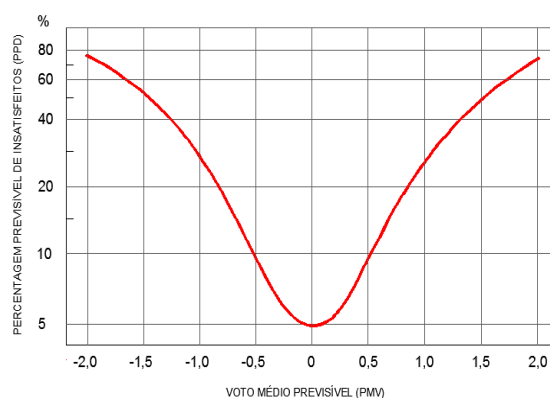



Figura 4-3 - Relação de PPD vs PMV [25]

A norma ISO (International Standards Organisation) 7730, publicada originalmente em 1984 e revista em 1994, recomenda para espaços onde se verifique ocupação humana, que o valor de PPD seja inferior a 10%, o que equivale a admitir valores de PMV compreendidos entre –0,5 e +0,5. Os valores apresentados expressam as condições de conforto, considerando que todo o corpo troca calor com o meio ambiente na mesma proporção. Na prática, tal situação não ocorre, pois a pessoa pode sentir aquecimento ou arrefecimento assimétrico do corpo, como por exemplo, o efeito provocado pela radiação excessiva de uma lâmpada que aquece a cabeça ou o de um chão frio que arrefece os pés.

Tendo em conta estes efeitos estabeleceu-se na década de 80, o Regulamento de Regras de Qualidade Térmica para edifícios, onde se fixaram valores limites para as seguintes variáveis:

a) A temperatura do ar;

b) A humidade relativa do ar;

c) A radiação do contorno;

d) A velocidade do ar.

Quanto à temperatura do ar no interior deverá estar compreendida entre os valores limites de 18ºC e 26ºC, devendo a sua variação corresponder à variação sazonal da temperatura do ar exterior. Admite-se que em períodos não muito longos, aqueles limites possam ser excedidos em 2ºC. A flutuação diária da temperatura durante os períodos de ocupação não deve ser superior a ±2ºC e, em períodos de Inverno, a diferença de temperatura para locais não aquecidos no edifício, tais como por exemplo corredores e vestíbulos, ou locais onde o nível de actividade seja elevado, tais como por exemplo oficinas e ginásios, não deve ser superior a 4ºC. No que diz respeito à humidade relativa do ar, esta deve estar compreendida entre os valores 35% e 85%, devendo contudo evitar-se que em períodos de Verão exceda os 60%.

Em relação à temperatura média de radiação deve apresentar valores próximos dos da temperatura do ar. Quando tal não suceda, o efeito conjunto daquelas duas acções deve ser de maneira a simular uma sensação equivalente à suscitada pela temperatura média do ar recomendada. A temperatura do pavimento não deve exceder a temperatura do ar mais do que 6ºC.

Os valores da temperatura do ar foram fixados, admitindo que a velocidade do ar é baixa (<0,2 m/s), o que, em geral, se verifica em edifícios em "funcionamento livre" em período de Inverno. Em período de Verão, essa velocidade poderá ser superior, com o objectivo de satisfazer o valor limite da neutralidade térmica, nomeadamente em locais de actividade mais intensa, como é o caso de oficinas e ginásios, não devendo contudo na generalidade dos usos em edifícios ultrapassar os 0,5 m/s [24].

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril, estabelece, no Artigo 14º, para efeitos de implantação deste Regulamento, as seguintes Condições Ambientes Interiores de Conforto de Referência:

a) Estação de Aquecimento (Inverno):

- Temperatura do ar: 20ºC;

b) Estação de Arrefecimento (Verão):

- Temperatura do ar: 25ºC;
- Humidade relativa: <=50%.

Uma outra questão relacionada com o conforto no interior dos edifícios, que adquire expressão no novo regulamento, está relacionada com a qualidade do ar interior.

O mesmo artigo do RCCTE (Art.14º) estabelece que a taxa mínima de referência para a renovação do ar, para garantia da qualidade do ar interior, é de 0,6 renovações por hora, devendo as soluções construtivas adoptadas para o edifício ou fracção autónoma, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, garantir a satisfação desse valor sob condições médias de funcionamento.

Na Figura 4-4 descrevem-se as variáveis ambientais e os seus efeitos sobre o conforto térmico. A temperatura e a circulação do ar afectam a taxa de dissipação de calor por convecção do corpo humano. As temperaturas superficiais afectam as trocas térmicas por radiação e condução. A humidade afecta a taxa de evaporação. A radiação solar afecta a superfície e as temperaturas do ar num espaço. A exposição directa à radiação solar, seja no interior ou no exterior, provoca uma sensação de calor: a radiação absorvida pela roupa ou pela pele é convertida em calor e denominada como uma temperatura mais elevada.

A sensibilidade às condições ambientais varia consideravelmente em função da actividade de um indivíduo e do seu vestuário (Figura 4-5), bem como de outros factores pessoais. A actividade afecta a taxa de produção de calor metabólico. O vestuário é uma forma de regulação e isolamento térmico pessoal. A maioria das pessoas tende a fazer ajustamentos de vestuário ou de actividades, de maneira a obterem resposta a condições ambientais adversas. Em geral, a sensação de conforto ou desconforto também pode reflectir o humor de um indivíduo e a percepção do ambiente à sua volta, incluindo a qualidade do ar interior, a arquitectura e o ambiente de uma sala, os níveis de luz, a disponibilidade da luz do sol, o nível de ruído, entre outros factores.

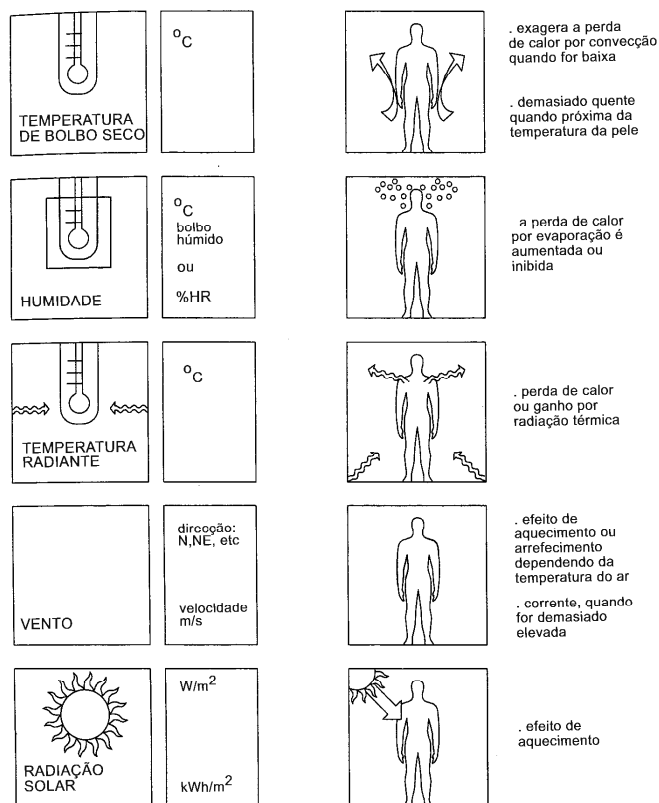



Figura 4-4 - Variáveis ambientais e os seus efeitos sobre o conforto térmico, adaptado de [40]

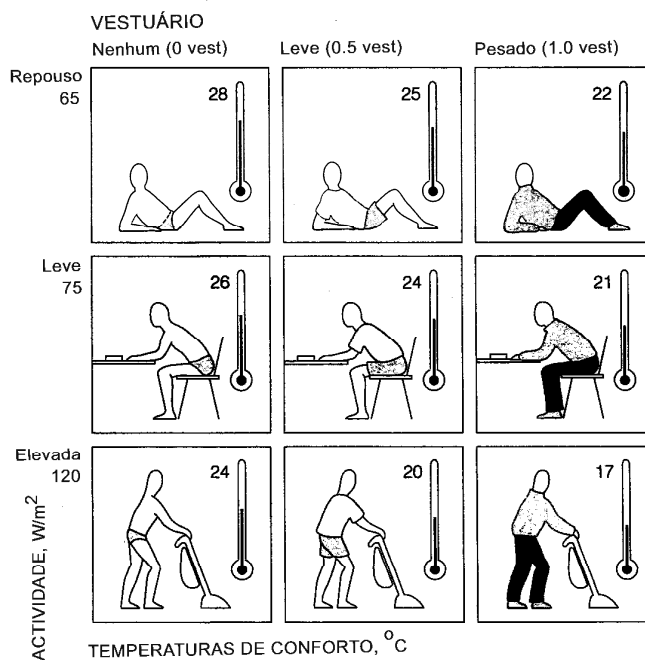



Figura 4-5 - Temperaturas de conforto em função do tipo de actividade, adaptado de [40]

4.3 - Distribuição da temperatura em altura nos compartimentos em função do tipo de sistema de climatização

4.3.1 - Piso radiante

O aquecimento do ambiente por piso radiante hidráulico é efectuado por um fluido aquecido no grupo termodinâmico. Este fluido circula, a baixa temperatura, por intermédio de um electrocirculador, no pavimento radiante, onde deixa o calor que é transferido para o ar. São necessários acima da superfície regularizada 3 cm para o isolamento, 4 cm para uma betonilha especial e 1 a 1,5 cm para o acabamento.

Uma pequena analogia de como se podem compreender os princípios em que se baseia o calor radiante, consiste em imaginar um indivíduo ao ar livre num dia frio e de céu limpo e o chão gelado. Após aparecer o Sol, o indivíduo irá sentir-se confortável, independentemente da temperatura do ar. Tal facto deve-se ao calor radiante emitido pelo Sol aquecer primeiro os objectos e só depois o ambiente, sentindo o indivíduo calor enquanto o ar à sua volta se mantém frio.

Há 2000 anos no Império Romano, surgiu a ideia de utilizar o calor radiante para aquecer suavemente uma grande superfície de pavimento a uma baixa temperatura, para uso nos banhos públicos e grandes residências particulares. Na década de 60, o aquecimento por piso radiante foi visto com algum cepticismo e desconfiança, pelo facto de terem ocorrido alguns problemas devido à falta de experiência, à carência de meios de cálculo fiáveis, à inexistência de materiais apropriados e à insuficiência ou inadequação de componentes de regulação e de controlo apropriados.

A utilização de materiais plásticos, nomeadamente o pex e o multicamadas, para a distribuição de fluidos, em substituição do ferro e do cobre, o desenvolvimento de sistemas de controlo electrónicos e o aparecimento de software especializado, permitiram rever as técnicas de cálculo e de instalação, corrigindo e eliminando as fontes causadoras do mau funcionamento do piso radiante. Todos estes equipamentos permitiram ao pavimento radiante prevalecer nas instalações modernas.

Apesar da evolução da tecnologia ao longo dos anos, o conceito permanece inalterado, concluindo-se que o aquecimento de uma área grande a uma temperatura baixa (21 a 25ºC) produz a forma mais confortável e eficiente de aquecimento possível. Na figura 4-6 podem observar-se duas pessoas em diferentes partes de um compartimento aquecido por piso radiante, que ao nível da cabeça experimentam o mesmo conforto em termos de temperatura. O aquecimento por piso radiante é aquele que mais se aproxima do conceito fisiológico pés quentes e cabeça fria.

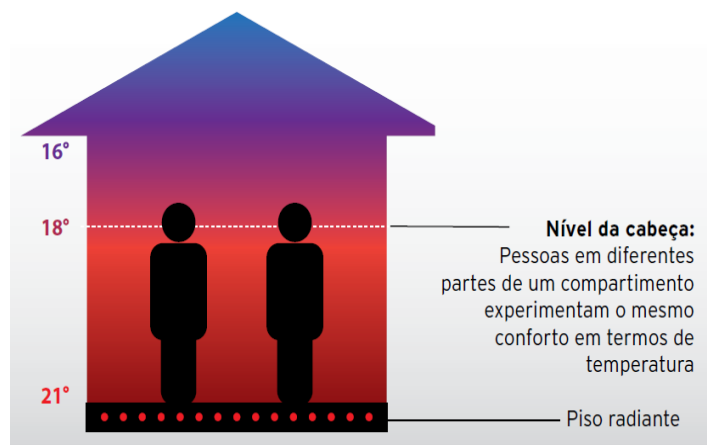



Figura 4-6 - Análise do aquecimento por piso radiante em termos de conforto [38]

O sistema de aquecimento por piso radiante liberta o calor de uma forma natural, de baixo para cima, proporcionando um óptimo nível de conforto e bem-estar. É considerado o sistema de aquecimento ideal.

Ao trabalhar com temperaturas do circuito primário a pelo menos 25ºC abaixo de um sistema tradicional, o piso radiante proporciona uma poupança de combustível na produção de calor.

O sistema de piso radiante é invisível. Permite aproveitar ao máximo a área habitável, e a decoração dos compartimentos não está sujeita à localização dos emissores de calor.

A distribuição do calor é uniforme. O piso radiante transmite energia para a estrutura do local, distribuindo-a e reduzindo a carga térmica sobre as pessoas que ocupam os compartimentos (Figura 4-7 e Figura 4-8).

A baixa temperatura do piso radiante evita a circulação e a decomposição das poeiras no ambiente, que são a principal causa da irritação das vias respiratórias.

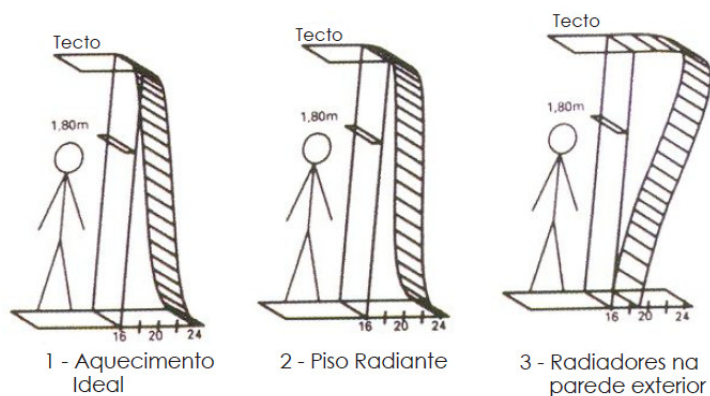



Figura 4-7 - Distribuição da temperatura em função dos sistemas de cimatização [41]

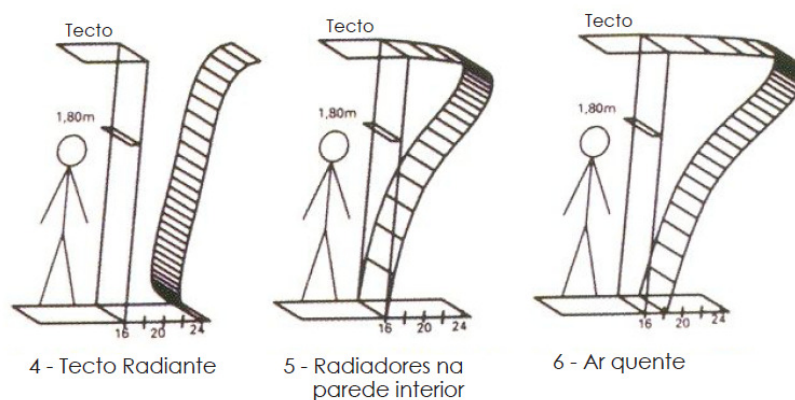



Figura 4-8 - Distribuição da temperatura em função dos sistemas de cimatização [41]

4.3.2 - Aquecimento central

Os radiadores são evitados sempre que possível, uma vez que são ineficazes, de manutenção dispendiosa e ocupam demasiado espaço. Apesar da sua designação, utilizam uma forma de calor denominada por convecção. Aquecem intensamente o ar na sua vizinhança, o ar quente sobe junto às paredes e ao longo do tecto até ao centro, arrefecendo e descendo até uma altura em que se poderá sentir. Tal facto, faz com que a atmosfera se torne abafada e desconfortável, promovendo também a perda de calor através de janelas, paredes, tectos e telhados (Figura 4-9). O resultado de tudo isto é um desperdício de energia e dinheiro.

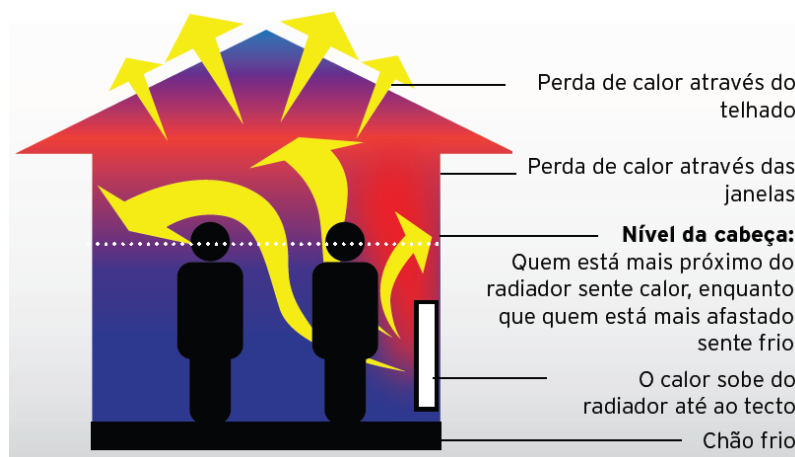



Figura 4- 9 - Análise dos efeitos do aquecimento por radiadores em termos de conforto [38]

4.4 - Conclusões

O conforto térmico é uma condição importante a alcançar para o bem-estar, para a saúde e como consequência para a longevidade. No entanto, a produtividade também é condicionada pelo conforto térmico.

A sensação de conforto não apresenta um padrão linear face às condições térmicas, uma vez que as mesmas pessoas se podem sentir confortáveis em condições térmicas diferentes, consoante as características do edifício. A sensação de conforto térmico não é absoluta, mas sim adaptativa, e essa capacidade de adaptação às condições climáticas do contexto é tanto mais ampla e tolerante, quando o clima em causa resulta de um contexto natural, ao contrário de um artificial [36].

Para uma mesma temperatura média do ar num compartimento, as condições de conforto percebidas pelo utilizador desse espaço podem ser afectadas pela forma como é feita a distribuição da temperatura em altura nesse compartimento e, em consequência, serão afectadas pelo sistema seleccionado para climatização. A escolha do equipamento torna-se importante e essa informação deve ser disponibilizada ao utilizador.

Num local aquecido por piso radiante, toda a superfície do solo irradia calor a baixa temperatura. Não existem zonas quentes e zonas frias dentro da mesma habitação. A sensação de bem-estar é maior, uma vez que há uma distribuição de calor mais suave e uniforme.

As habitações aquecidas por piso radiante ficam com as paredes não ocupadas, proporcionando uma maior liberdade de mobilagem.

O aquecimento por pavimento radiante não levanta pó, pois não produz correntes de ar, não há enegrecimento das paredes, dos tectos e dos cortinados e é invisível.

O aquecimento por piso radiante é saudável porque não seca o ar mantendo, consequentemente, a humidade natural do ar ambiente. Desta forma, evitam-se os problemas respiratórios provocados por alguns aquecimentos a que se seja sensível.

Não existem zonas quentes e frias dentro do mesmo espaço com aquecimento por piso radiante, pois o calor é emitido uniformemente por toda a superfície.

Quanto aos radiadores, apresentam algumas desvantagens, nomeadamente, a potência ser directamente associada à área do radiador; o aquecimento ser feito por uma camada de ar descendente, o que faz com que o ar que está por baixo seja posteriormente aquecido e com que haja uma considerável perda de energia; as correntes de ar interiores fazerem com que haja uma recirculação do pó e o facto do calor gerado pelos radiadores tornar o ar interior muito

seco, havendo necessidade de utilizar humidificadores para combater os efeitos prejudiciais para a saúde humana.

Capítulo 5 - Ventilação

5.1 - Introdução

No contexto climático português, a ventilação natural é extremamente importante para garantir a optimização do conforto no interior dos edifícios. Para manter em edifícios, o ar interior com boa qualidade é fundamental utilizar-se um recurso renovável, a temperatura no exterior e a renovação do ar a uma taxa adequada.

Durante a época mais quente do ano, uma das formas mais eficientes para arrefecer a temperatura no interior das habitações é a de ventilar, especialmente durante a noite, quando as temperaturas são mais “frescas”. Durante uma grande parte dessa época do ano, o ar no exterior apresenta valores de temperatura bastante confortáveis, apesar da grande amplitude térmica diária.

Uma casa insuficientemente ventilada poderá gerar humidade através dos vapores que se formam, afectando o conforto ou mesmo a saúde dos seus habitantes [36, 1].

A qualidade do ar dentro dos edifícios é um parâmetro muito importante, que tem influência sobre o humor e comportamento das pessoas. É essencial para o controlo e determinação de impurezas, que nele ocorrem em diferentes níveis, muitas vezes em concentrações baixas e muito baixas. O ar interior é o ar que rodeia as pessoas em locais fechados. Tem um microclima único, com ingredientes diferentes dos do ar atmosférico. É um sistema dinâmico sujeito a alterações qualitativas e quantitativas, mesmo num curto período de tempo. A qualidade do ar interior depende de muitos factores, como por exemplo: ventilação, temperatura, humidade relativa; flutuação da taxa de emissão de poluentes provenientes de fontes endógenas e qualidade do ar exterior na vizinhança do edifício.

As fontes de poluentes no ar interior podem ser organismos vivos (tais como produtos resultantes da respiração e da transpiração, fungos e bolores), materiais de construção e mobiliários interiores (solventes, conservantes da madeira, compostos emitidos pelas pinturas e asbestos), sistemas de ventilação e climatização (microorganismos que vivem nas condutas), o ar exterior (poluição química nas grandes cidades) ou a utilização dos próprios espaços (cozinhar, fumar ou não obediência aos princípios da higiene pessoal). A qualidade do ar interior afecta particularmente doentes asmáticos.

Através do controlo da contaminação biológica do ar (partículas de poeira e alérgenos de origem animal) os casos de asma podiam ser reduzidos em 55-60%. Igualmente importante é a qualidade do ar no local de trabalho. E não só nas unidades industriais, onde são emitidas grandes quantidades de poluentes. O sindroma da doença dos edifícios tem sido referido há muito tempo.

É referido quando um indivíduo se queixa de problemas de saúde que ocorrem devido à estadia no edifício.

Estes problemas intensificam-se com o tempo de permanência no local, sendo difícil determinar exactamente a causa. O que é certo é que a maior parte dos problemas é detectada ao deixar o edifício. Os sintomas do sindroma da doença dos edifícios estão associados com a fraca qualidade do ar interior. No mínimo causa desconforto devido a parâmetros físicos inadequados do ar. A má qualidade do ar é devida à contaminação química e biológica. A redução do caudal de ar de ventilação e a operação incorrecta da conduta são causas do sindroma da doença dos edifícios. Muitos dos utilizadores queixam-se de dores de cabeça, irritação dos olhos, problemas no nariz e na garganta, dificuldade de concentração e fadiga. As razões são complexas, mas uma delas é o mau funcionamento da ventilação.

A principal finalidade da colocação do sistema de ventilação é a troca de ar no edifício, ou a descarga de ar viciado para o exterior com entrada de ar renovado. Uma ventilação eficiente permite a remoção de excesso de dióxido de carbono e vapor de água. Melhora o conforto e bem-estar e permite o fornecimento da quantidade de ar necessária à correcta operação de dispositivos tais como aquecedores a gás, fogões, fornos, ventoinhas, etc. A ventilação pode ser de dois tipos: natural/gravítica ou forçada/mecânica.

5.2 - Ventilação natural

A melhor escolha consiste na exploração da ventilação natural. Sempre que possível, fazendo uso da pressão e depressão causada pela acção do vento na superfície exterior do edifício.

No caso da pressão, é utilizado o princípio do efeito de tiragem: o ar quente, que é mais leve do que o ar frio, tende a subir e arrastar ar frio. As diferenças de temperatura entre as diferentes divisões da casa produzem ventilação, permitindo a mudança do ar, desde que existam aberturas para o exterior que permitam a entrada de ar novo.

Quanto ao fenómeno da depressão, pode ser explorado com mais frequência. Quando um edifício é fustigado pelo vento, a parede directamente exposta ao vento é sujeita a uma forte pressão, enquanto que a parede do lado oposto, é envolvida numa depressão. A diferença de pressão entre os dois lados é suficiente para gerar uma ventilação natural entre as divisões.

A ventilação natural para ser explorada de uma forma optimizada, deve existir uma corrente de ar no edifício, ou seja, devem existir pelo menos duas janelas em duas fachadas opostas.

Esta é de facto, a melhor maneira de estabelecer condições de diferença de pressão, que são essenciais para explorar a ventilação natural. Os apartamentos que estejam voltados apenas para um lado do edifício, têm uma capacidade muito menor de usufruir da ventilação natural.

As portas e as janelas afectam a ventilação natural. As portas e janelas estanques não permitem a entrada de ar, nem no Verão nem no Inverno, impedindo assim a ventilação natural.

A ventilação natural pode ser encontrada em quase todos os projectos de uma casa típica - é simplesmente um canal vertical revestido com barras de entrada de ventilação. O sistema de ventilação mecânica não é tão simples, mas muitas pessoas ainda tentam fazê-lo. A ventilação por gravidade é a solução mais fácil conhecida há anos. Funciona através da circulação natural do ar causada pela diferença de temperatura entre o interior e o exterior da casa. A diferença de temperatura dá origem a forças de flutuação, através das quais o ar sai das instalações por condutas verticais (Figura 5-1). O tráfego aéreo também afecta o vento, o que pode ajudar ou impedir a acção da ventilação gravitacional.

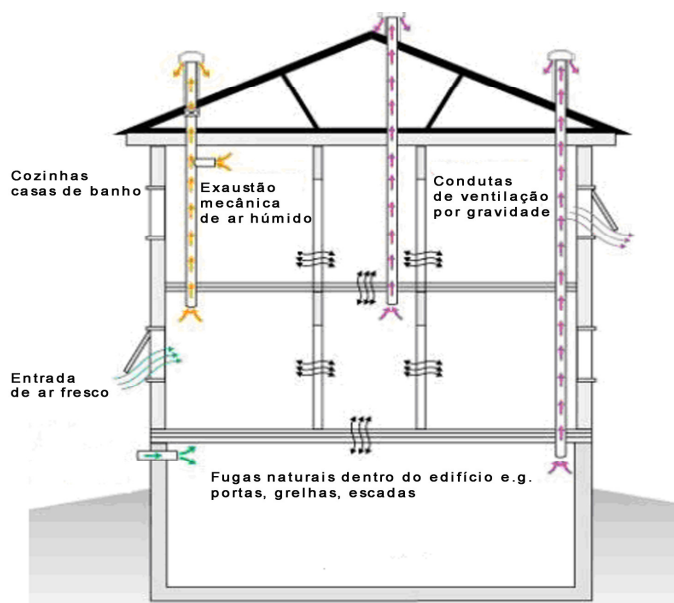



Figura 5-1 - Exemplo do regime de ventilação natural [21]

Quando a temperatura exterior é menor do que a das instalações, o ar entra na casa através de fendas ou buracos nas janelas, ou caixas-de-ar. Em seguida flui através do espaço na direcção de grelhas de ar e condutas. São colocados exaustores principalmente em cozinhas, banheiras, sanitários e vestiários.

Há países em que o tamanho do tubo de ventilação é calculado para a força de flutuação gravitacional e temperatura exterior de 12°C, sem considerar o impacto do vento. A temperaturas mais elevadas a troca do ar interior pode ser feita apenas por janelas abertas. Algumas melhorias na ventilação por gravidade podem ser obtidas alterando as saídas superiores

dos canais de ventilação, que são movidos pelo vento. Contudo, com tempo calmo, os dispositivos não só não funcionam mas ainda criam uma resistência adicional ao fluxo de ar.

A ventilação por gravidade é muito importante no desenvolvimento da ventilação de edifícios, derivando dos chamados sistemas de ventilação natural. Estes consistem no facto de o ar interior ser removido por um tubo de chaminé para exaustão de gases de escape e de admissão para quaisquer fugas nas paredes, janelas, etc. A ventilação por gravidade funciona muito bem, e.g. quando a casa é aquecida electricamente. O fluxo de ar é forçado pela diferença de temperatura entre a casa e o exterior, saindo pela chaminé de ventilação.

O princípio acima descrito de funcionamento da ventilação por gravidade é perfeito para o Inverno. Essa ventilação é projectada de tal forma a corrigir a diferença de pressão que ocorre mesmo com uma diferença de temperatura de 10°C. Infelizmente, no Verão, quando a casa está mais fria do que o exterior, a chaminé de ventilação não funciona. Então basta abrir a janela.

Para a ventilação natural funcionar adequadamente, o edifício necessita de obter a quantidade adequada de ar. Antigamente, as janelas proporcionavam um abastecimento de ar sempre suficiente, e por vezes mesmo demasiado grande. As janelas modernas são equipadas com sistemas de vedação. Não permitem um fluxo de ar suficiente para a ventilação, e requerem a instalação de difusores.

O ar que entra na divisão deve passar por toda a casa, através das grades de ventilação de escape. Pode deixar-se um espaço na porta de uma divisão, com uma área de 80cm^2 (cortando 1cm em baixo a toda a largura da porta). Os aquecedores a gás precisam, para funcionar correctamente, de oxigénio suficiente, e os gases de escape devem ser removidos de forma muito eficaz. É necessária a instalação de ventilação eficiente. Portanto, é preciso prestar atenção especial às necessidades de ventilação da cozinha e casa de banho assim equipadas.

Para a chaminé de ventilação trabalhar correctamente, são necessárias várias condições:

a) A temperatura dentro da casa deve ser maior do que no exterior;
b) No exterior deve soprar algum vento;
c) As janelas e portas devem ser "não seladas" para assegurar abastecimento de ar;
d) A construção das condutas de ventilação no telhado deve ser projectada de modo a restringir fluxo inverso de ar;
e) Quando a temperatura exterior desce abaixo da temperatura da casa, a intensidade de ventilação deve variar de forma linear (o dobro do aumento da diferença de temperatura entre o interior e o exterior deve causar um factor de dois no aumento da ventilação);
f) Quando sopra um vento forte a intensidade de ventilação deve variar com o quadrado da velocidade do vento, de modo que, duplicando a velocidade, quadruplique a intensidade de ventilação.

A desvantagem da ventilação natural é a dependência da eficiência de operação das condições no exterior do edifício. No Inverno, quando a diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício é grande, a ventoinha trabalha bem e até de uma forma mais intensa do que é necessário. A ventilação natural apenas pode trabalhar bem quando a temperatura exterior for bastante mais baixa do que a interior. O diferencial de temperatura pode ser demasiado baixo para ser efectivo na ventilação. Em casos extremos pode mesmo inverter o sentido do fluxo de ar através das condutas de ventilação. O ar exterior será introduzido numa divisão através dos respiradores. No Verão a ventilação natural, muitas vezes funciona mal. A ventilação é, naturalmente, para garantir a quantidade adequada de ar que entra na divisão. Quando as janelas são muito apertadas, sem saídas de ar, mesmo a diferença (benéfica) da densidade do ar não causará fluxo suficiente dentro das condutas de ventilação e a troca de ar é pobre. Os efeitos da ventilação gravitacional são também influenciados por soluções de projecto dos edifícios, requisitos e condições de utilização dos espaços urbanos.

A eficácia da ventilação natural depende também do comprimento da conduta de ventilação e, por isso, da distância entre a entrada da chaminé (grelhas de ventilação na sala) e a saída (final da chaminé). Não surpreendentemente, as divisões nos pisos superiores dos edifícios com coberturas planas são mal ventiladas. O mesmo acontece com apartamentos nos sótãos. O comprimento da conduta de ventilação é muito pequeno. Quando as chaminés não estão posicionadas correctamente no edifício ou têm objectos grandes na vizinhança (e.g. paredes de edifícios altos, árvores altas), há um enfraquecimento do efeito da chaminé. Também pode haver perturbações devidas aos ventos, especialmente nos planaltos e zonas costeiras. Portanto, reforça-se a impulsão no topo da chaminé.

De seguida são apresentados alguns modos de melhorar a ventilação natural:

a) Se a causa do mau funcionamento do fluxo de ar de ventilação é muito fraca (portas e janelas, apertados), em salas limpas devem necessariamente ser montados difusores (de parede ou janela). Difusores de topo são controlados para ajustar automaticamente a quantidade de ar fresco, para as condições dentro e fora do edifício;

b) Se o problema for causado por uma série demasiado fraca de condutas, a causa pode ser ventilação climática desfavorável (as temperaturas dentro e fora do edifício não são propícias à circulação de ar), mas também o comprimento da chaminé ser muito pequeno (deve ser no mínimo de 4 m);

c) Se a ventilação trabalha durante tempo ventoso, isso significa que o vento é forçado a entrar para a chaminé de ventilação. Então, os problemas podem ser corrigidos pela montagem de terminais de condutas de ventilação especiais.

5.3 - Ventilação forçada

Os sistemas de ventilação forçada ou mecânica, permitem a permuta de ar entre os espaços em que não seja possível utilizar a ventilação directamente a partir do exterior (Figura 5-2).

A permuta do ar é proporcionada por condutas de ventilação forçada ligadas aos espaços interiores através de extractores (destinados a extrair o ar parado ou poluído) e ventiladores (para injectar ar fresco). Os sistemas centralizados de aquecimento e ar condicionado (AVAC), mais comuns nos grandes edifícios de serviços, incluem uma ventilação forçada.

Os sistemas recentes de ventilação forçada com recuperação de energia permitem a recuperação parcial da energia, tanto no arrefecimento como no aquecimento. Esta energia seria desperdiçada com a permuta de ar simples. Tal facto, deve-se aos permutadores de calor, dentro dos quais os fluxos de entrada e saída de ar se cruzam, sem se misturarem um com o outro, sendo que, no modo de arrefecimento, um fluxo de ar aquece o outro e vice-versa. Sendo assim, no Verão, o ar quente exterior ao entrar no edifício é arrefecido no permutador pelo ar fresco que sai do edifício, enquanto no Inverno, o processo se inverte.

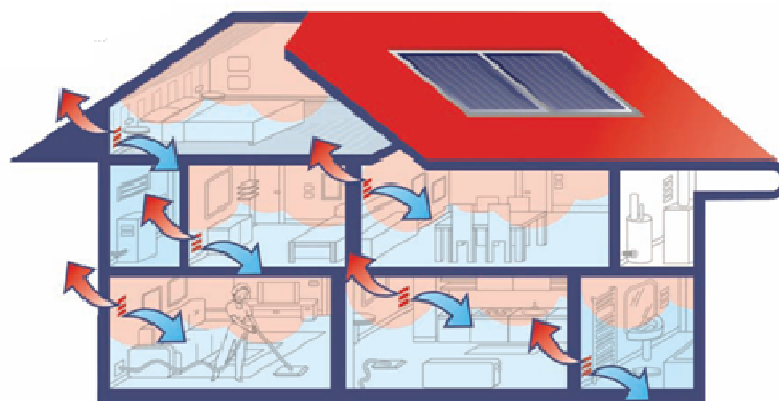



Figura 5-2 - Exemplo de habitação com ventilação forçada [21]

Na ventilação mecânica a troca de ar é independente de quaisquer influências atmosféricas. O fluxo de ar forçado é conseguido através do uso de um ou mais ventiladores. A ventilação mecânica pode ter muitas variantes consoante o método de troca de ar, a direcção do movimento do ar em relação ao ambiente ventilado, a diferença de pressão dentro e fora da sala. É possível alterar os parâmetros do ar de ventilação.

Existem dois tipos de sistemas de ventilação mecânica:

a) Dependendo de como a troca de ar de ventilação mecânica é feita, podem ser divididos em:

- Global, que garante uma troca de ar ao redor da sala;

- Local, anti-poluição do ar no local de secreção.

Como dispositivos de ventilação local, temos nomeadamente:

- Equipamento utilizado para remover os contaminantes directamente na fonte;
- Ventiladores de ar locais usados para um determinado sítio com condições diferentes daquelas que prevalecem em toda a divisão;
- Cortinas de ar usadas para proteger as instalações da penetração de ar frio de fora (no Inverno) e ar quente (no Verão), por muitas vezes se abrirem os portões e portas em edifícios industriais;

b) Dependendo da direcção do movimento do ar em locais ventilados:

- Fonte de ar - o fornecimento de ar ocorre por meios mecânicos;
- Exaustão - o ar é fornecido de uma maneira natural e a exaustão é mecanicamente assistida;
- Admissão - exaustão - neste caso, é totalmente automática;

c) Dependendo da diferença de pressão dentro e fora da sala a ventilação é por:

- Pressão – quando o caudal de ar fornecido é maior do que o fluxo de ar de exaustão;
- Vácuo – onde o caudal da fonte de ar é menor que o fluxo de ar de escape.

Ao ser tomada em conta a possibilidade de se obterem condições específicas, deve distinguir-se entre:

a) Fornecer a necessária ventilação à temperatura ambiente normal somente no Inverno;
b) Ventilação com arrefecimento, onde a manutenção da temperatura exigida é possível no Verão e no Inverno;
c) Ventilação com humidificação - equipada com dispositivos para aumentar a humidade do ar interior;
d) Ventilação do sistema de drenagem - provoca uma redução na humidade ambiente;

e) Unidades de ar condicionado, através das quais a temperatura e humidade relativa na divisão podem ser mantidas com precisão suficiente ao longo do ano.

Os sistemas de ventilação mecânica utilizam diferentes quantidades de ar fresco. Só o ar fresco é usado em ventilação mecânica de escape e em alguns sistemas de ingestão-exaustão. É claro que apenas o ar fresco é usado em sistemas por gravidade. Uma mistura de ar fresco e de circulação é utilizada em sistemas de ar condicionado, e em sistemas de ventilação mecânica de ingestão - escape baseados na mistura de ar (Figura 5-3).

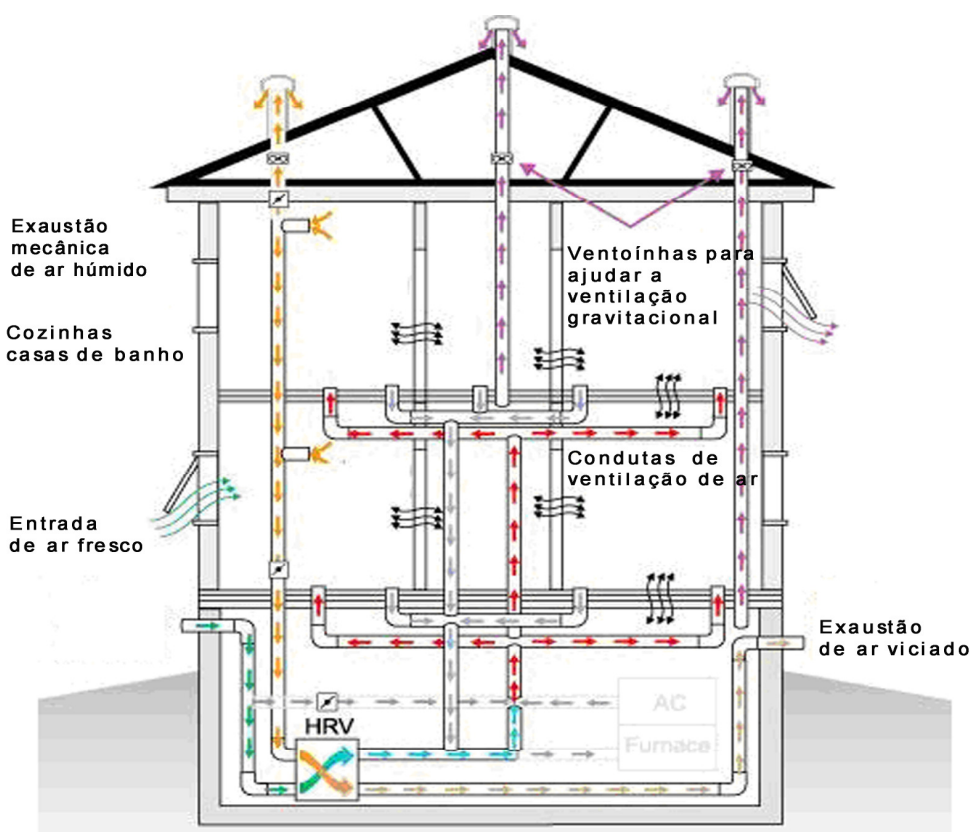



Figura 5-3 - Exemplo de operação de ventilação mecânica com gravidade, recuperação e ar condicionado [21]

A solução mais simples é composta por exaustores de ventilação instalados nas condutas de ventilação. Neste sistema de ventilação, o ar entra no edifício através de portas e janelas, fugas ou aberturas, como na ventilação natural. Torna-se independente dos caprichos da natureza, no entanto, diminui a eficácia da remoção de ar do local. Uma melhor solução é uma ventilação fonte-exaustão, sendo possível remover o ar com o ventilador. Consiste em melhorar o escoamento de ar viciado, sendo o escape já suportado por meios mecânicos. Um ventilador central, ligado a todas as condutas de exaustão instaladas na casa, puxa o ar da sala e expele-o. A ventilação mecânica de escape permite ajustar a taxa de troca de ar.

A vantagem da ventilação mecânica é, não apenas ser uma forma eficiente de exaustão, mas também não ser necessário construir uma chaminé de ventilação. Usam-se tubos flexíveis em alumínio, que são distribuídos principalmente no sótão. Há também que montar um ventilador central de retorno do ar, que recebe ar dos canais e o dirige para a chaminé de ventilação. Desta forma, o defeito básico da ventilação por gravidade (variável, pois depende do clima) é eliminado.

A ventilação mecânica é de longe o tipo melhor e mais eficaz de ventilação. É caracterizada pelo facto de que, tanto o fluxo de entrada de ar fresco como o fluxo de saída de eliminação de resíduos para o exterior, ocorrem num espaço restrito e controlado. Isto dá a possibilidade de

ajustar a intensidade desse intercâmbio às necessidades reais. Uma vantagem importante da ventilação fonte-exaustão é que é possível recuperar o calor do ar removido.

A vantagem da ventilação mecânica é a capacidade de adaptar o seu desempenho às necessidades reais dos moradores, para que se possam criar condições de conforto em ambientes interiores. O controlo do sistema de ventilação mecânica pode ser feito automaticamente. Os dispositivos de montagem especiais (recuperadores) permitem recuperar o calor do ar removido, economizando assim energia valiosa no Inverno. Também podem ser aplicados filtros de combate à poluição que entra no edifício. Diminui-se, assim, a probabilidade de ocorrência de alergias.

5.4 - Conclusões

A ventilação dos espaços deriva, por consequência, de dois processos espontâneos, nos quais o movimento do ar resulta do seu impulso natural para manter o equilíbrio entre a temperatura e a pressão:

a) Quando incide sobre as fachadas de um edifício, junto de fachadas com orientações opostas, o vento local causa uma diferença de pressão no ar presente, provocando a sua movimentação (ventilação), sobretudo naqueles espaços que contactam directamente com duas fachadas opostas, ventilando através de frinchas, janelas, portas e aberturas;

b) A diferença de temperatura entre o ar exterior e o ar interior, também provoca a sua movimentação. Esta ventilação acontece mais facilmente entre duas fachadas com orientação solar oposta, porque enquanto uma está ao sol, a outra estará forçosamente à sombra. O ar fresco, que se encontra junto da fachada à sombra, atravessa o espaço em direcção da fachada ao sol e mantém uma temperatura mais elevada. O ar quente, mais leve no interior, é então empurrado e renovado pelo ar fresco, mais pesado, proveniente da fachada à sombra. Este efeito é tanto mais eficiente, quanto maior for a diferença das temperaturas.

A ventilação natural conjugada com uma adequada inércia térmica, permite que, nos espaços interiores, sejam minimizados os ganhos excessivos e os extremos de calor. A inércia térmica garante a estabilidade térmica interior ao longo de todo o ano. A ventilação natural permite a redução imediata de extremos de temperatura em situações onde a inércia térmica não é, por si só, suficiente para varrer os espaços com o ar que vem de fora, preferivelmente de uma zona que está à sombra, ou durante a noite.

O comportamento do ar e da ventilação é, por vezes, difícil de controlar por parte dos utilizadores, podendo ocorrer situações de movimentação de ar menos confortáveis [36].

A ventilação por gravidade em relação à ventilação mecânica:

a) É simples e económica;

b) Não tem nenhum mecanismo que necessite de accionamento;

c) Os custos de exploração são baixos;

d) Não produz ruído;

e) O funcionamento depende de condições climatéricas – quando o tempo não é bom a ventilação é ineficiente;

f) O ajuste de desempenho é limitado;

g) Durante o Inverno causa grandes perdas de calor;

h) Durante o Verão a ventilação é possível com janelas abertas;

i) Não pode usar quaisquer filtros, aquecedores ou torres de arrefecimento.

A ventilação mecânica por sua vez:

a) Assegura a permuta de ar numa dada quantidade, independentemente das condições atmosféricas;

b) Permite ventilação intensiva, aumentando a velocidade das ventoinhas;

c) Permite filtragem, aquecimento e arrefecimento do ar fresco antes de este entrar nos compartimentos;

d) Permite a utilização de equipamentos de recuperação de calor do ar expelido, o que poupa muita energia;

e) Requer motores, consumindo energia;

f) Os elementos mecânicos podem-se partir;

g) Não funciona durante as falhas de energia.

Capítulo 6 - Sistemas de Climatização para Aquecimento e Arrefecimento

6.1 - Introdução

Os sistemas energéticos, que se encontram integrados nos edifícios para aumentar o conforto e as funções disponibilizados aos moradores, são a outra componente que determina positiva ou negativamente as emissões de CO_2 para a atmosfera, a qualidade do ar interior e, por consequência, a saúde dos seus utilizadores. Os consumos de energia em edifícios, bem como os respectivos custos de operação e de manutenção, resultam também do correcto dimensionamento e da especificação dos sistemas energéticos, pelo que se torna relevante a forma como os sistemas tiram o melhor partido do desempenho passivo do edifício no qual se integram. Hoje é possível optimizar o desempenho energético-ambiental dos sistemas energéticos através do seu correcto dimensionamento e da integração dos sistemas disponíveis de gestão de energia [36].

6.2 - Sistemas de aquecimento central

Este tipo de sistema serve para aquecer as divisões no Inverno e pode, ainda, produzir água quente para uso doméstico. É constituído pelos seguintes componentes:

a) Uma unidade geradora de calor (caldeira ou bomba de calor);

b) Sistemas de distribuição do calor (tubagens) e utilização, tais como por exemplo radiadores, piso radiante, entre outros;

c) Unidades de regulação e controlo.

A caldeira é o coração do equipamento de aquecimento (Figura 6-1) e a sua eficiência reveste-se da máxima importância na optimização da economia e na redução das emissões poluentes para a atmosfera [21].

A selecção de uma caldeira com potência adequada, tendo em conta as necessidades energéticas da habitação, é uma medida muito importante de eficiência energética. É frequente escolher-se uma caldeira com potência térmica superior à necessária. Na realidade, as caldeiras com capacidade superior à necessária podem apresentar uma eficiência mais baixa do que o previsto, e portanto, uma menor economia de combustível [21].

Nas estações intermédias, com temperaturas exteriores mais amenas, o sistema atinge de imediato a temperatura requerida e desliga-se durante longos períodos. Este tipo de funcionamento acarreta maiores perdas de energia [21]. Durante os períodos do ano em que a caldeira funciona apenas para o aquecimento de águas para banho e duches, a eficiência de produção é inferior à de um equipamento dedicado a esse efeito. A escolha da potência adequada deve levar em consideração:

a) A dimensão e tipologia da habitação;

b) O clima da região;

c) O tipo de construção;

d) O número de pessoas a que se destina.

O local da instalação da caldeira é de extrema importância. Por razões de segurança, o local deverá ter o tamanho adequado e ser suficientemente ventilado para permitir a entrada do oxigénio consumido pela combustão.

O manual de operação e manutenção da caldeira é um documento de extrema importância que deve ser guardado com cuidado. O manual fornece indicações úteis, como os parâmetros de eficiência da caldeira, as especificações para as ligações eléctricas dos termóstatos e as operações de manutenção mais importantes. É também importante guardar os manuais de operação e manutenção de todos os outros componentes do sistema de aquecimento, isto é, programador de funcionamento, válvulas termostáticas, válvulas motorizadas, entre outros acessórios.

Em grandes edifícios de apartamentos, a instalação de sistemas modulares que utilizam caldeiras em cascata podem constituir uma solução de grande interesse. O consumo de combustível e o calor produzido são ajustados aos requisitos de energia do edifício. Isto é, quando os requisitos de energia são mais reduzidos só funciona uma caldeira, enquanto as outras permanecem desligadas até ser solicitado um aumento da energia térmica, causado por um aumento do consumo ou pela descida da temperatura exterior.

Figura 6-1 - Caldeira de chão a gás [41]

6.2.1 - Caldeiras de condensação

As caldeiras tradicionais, incluindo as mais avançadas, denominadas de caldeiras de alta eficiência, utilizam apenas uma parte do calor gerado pela queima do combustível. A sua eficiência situa-se no intervalo entre os 91 e 93%. Nestas caldeiras, o vapor de água produzido durante a combustão é lançado para a atmosfera através da chaminé, transportando uma importante quantidade de calor, denominada por calor latente de vaporização, que corresponde a cerca de 11% da energia produzida pela combustão [21].

Figura 6-2 - Caldeira mural de condensação [41]

Ao contrário das caldeiras tradicionais, uma caldeira de condensação pode recuperar uma grande parte do calor existente nos gases de exaustão expedidos através da chaminé, conseguindo assim uma eficiência muito elevada. Podem atingir o seu potencial máximo quando usadas em conjunto com sistemas de aquecimento que funcionem a baixa temperatura (30ºC a 50ºC), como no caso dos sistemas de piso radiante. No entanto, as caldeiras de condensação também funcionam muito bem com radiadores tradicionais, desde que o sistema de aquecimento seja operado correctamente, situação em que a temperatura da água de aquecimento deve ser mantida abaixo dos 55ºC.

6.2.2 - Caldeiras de temperatura variável

As caldeiras de temperatura variável permitem atingir melhores níveis de eficiência. Por conseguirem modelar a temperatura de funcionamento, respondem de forma mais adequada em função das necessidades reais de calor, que variam ao longo do dia, devido às condições meteorológicas e ao número de horas de ocupação da casa.

Estas caldeiras podem produzir uma temperatura muito baixa da água, entre 45 a 50ºC, reduzindo a perda de calor, tanto através das paredes do edifício como da chaminé. Não produzem condensação e emitem menos gases poluentes. As baixas temperaturas atingidas com estas caldeiras durante a maior parte da estação do Inverno permitem uma dissipação reduzida do calor através da rede de distribuição da instalação de aquecimento, e a mais elevada eficiência dos aquecedores, quer se trate de radiadores ou de outros aparelhos de aquecimento.

6.2.3 - Radiadores

Os radiadores são elementos muito utilizados nas habitações (Figura 6-3). São aparelhos de construção muito simples que se colocam na divisão que se pretende aquecer, sendo alimentados pelo circuito hidráulico proveniente da caldeira. Não obstante a sua simplicidade, ainda é possível encontrar diversos tipos de radiadores no mercado, tendo em conta o material de que são feitos e a maior ou menor capacidade de transmissão de calor. Existem, contudo, algumas características que são comuns aos radiadores. Por exemplo, em todos eles a potência é directamente associada à área do radiador. Assim, se o utilizador tiver uma sala muito grande, necessita de mais potência de aquecimento, logo o radiador terá de ser maior. Nos radiadores por elementos, o aumento de potência passa por acrescentar mais elementos ao radiador. Em geral, os radiadores apresentam válvulas de regulação de caudal de alimentação accionadas pelo utilizador ou termostáticas. Atendendo ao valor elevado da temperatura da superfície do radiador, o ambiente interior pode ficar demasiado seco e, portanto, desconfortável.

Figura 6-3 - Radiador [41]

6.2.4 - Piso radiante

6.2.4.1 - Piso radiante hidráulico

O aquecimento por piso radiante hidráulico resulta da circulação de água quente (40ºC) no interior de tubos inseridos no pavimento da casa. Estes tubos transmitem o calor para o pavimento, que por sua vez o transmite para o interior da casa.

Os circuitos de tubos agem como o elemento fundamental de aquecimento por piso radiante. Os tubos fabricados em polietileno reticulado (PEX), ficam embutidos no piso da residência, sobre uma base de isopor de alta densidade (Figura 6-4), que além de produzir o isolamento térmico, funciona também como barreira contra a humidade.

Figura 6-4 - Aquecimento por piso radiante hidráulico [20]

Estes sistemas permitem um grande conforto na sua utilização, dado que os mesmos são instalados com a possibilidade de o caudal da água ser ajustado em função das necessidades térmicas de cada divisão da casa. A regulação do caudal permite circular a água à temperatura desejada e controlar de forma independente a temperatura ambiente de cada um dos locais aquecidos.

O sistema tem a vantagem de ser mais económico, sendo que só necessita de 40ºC para funcionar efectivamente e a água pode ser aquecida por um sistema solar.

Relativamente aos sistemas tradicionais, para temperaturas equivalentes, o sistema de chão radiante permite uma poupança de energia entre 20 a 25%.

O sistema é confortável considerando que há uma distribuição de calor mais suave e uniforme por toda a superfície e a subida do ar quente é subtil (Figura 6-5).

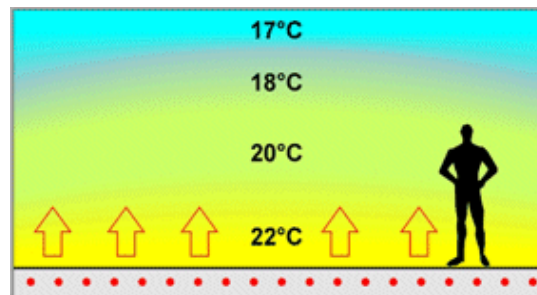



Figura 6-5 - Aquecimento por piso radiante a água e respectiva distribuição da temperatura [20]

6.2.4.2 - Piso radiante eléctrico

O piso radiante eléctrico (PRE) consiste num sistema de cabos de aquecimento integrados no pavimento que irradiam suavemente o calor para o ambiente. Cada local aquece individualmente, de acordo com as necessidades do local controlado por um termóstato que regula o nível da temperatura desejado.

Todas as divisões devem ser bem isoladas com materiais adequados, tais como por exemplo poliestireno, entre outros. Todo o espaço fica disponível para decorar e utilizar. Em cada compartimento possui um termóstato com funções avançadas de regulação, que controla a temperatura de cada local. Quando não se precisa de aquecer um local, pode desligar-se simplesmente o termóstato. Pode instalar-se uma rede simples de dois condutores e ligar o computador de casa para vigiar, regular e registar toda a instalação de aquecimento. A medida mais importante na construção para garantir eficiência energética do edifício é o isolamento correcto de paredes, tectos, pavimentos e janelas.

Quanto à instalação é de fácil execução. Depois de limpa a superfície, colocam-se as placas de isolamento de poliestireno com a espessura adequada.

Sobre estas placas são pousados os cabos de aquecimento e distribuídos com a fita de distribuição própria para o efeito. Desta forma o calor emitido é uniforme em toda a superfície.

Depois de bem fixos os cabos de aquecimento são cobertos com argamassa de cimento com uma densidade apropriada e bem vibrada para evitar formação de bolsas de ar. Deixa-se secar e está pronto a usar.

O controlo da temperatura e a alimentação eléctrica é feito por meio de um termóstato embebido na parede num local junto ao interruptor de luz.

Na Figura 6-6 e Figura 6-7 podem observar-se esteiras de aquecimento radiante extra finas para renovações de pavimentos de casa-de-banho e cozinha.

Figura 6-6 - Pormenor de esteira de aquecimento [35]

Figura 6-7 - Esteira de aquecimento radiante extra fina para renovações de pavimentos de casa-de-banho e cozinhas [35]

6.2.4.3 - Piso radiante hidráulico versus piso radiante eléctrico

Para acomodar os tubos existentes nos sistemas de água quente, é necessário subir os pavimentos em pelo menos 5cm. Em contrapartida, os cabos de um sistema eléctrico poderão ter uma espessura inferior a 3mm, não afectando o nível dos pavimentos.

Ao contrário dos sistemas de água, o sistema de aquecimento radiante eléctrico é aplicado directamente em contacto com os mosaicos. Com um bom isolamento térmico, torna-se possível atingir uma temperatura óptima em cerca de 10 minutos, em oposição às cerca de 5 horas que demoram os sistemas por água.

Os sistemas de aquecimento radiante eléctrico são instalados separadamente em cada divisão da casa e controlados individualmente pelos respectivos termóstatos. Desta forma poder-se-á obter

a temperatura desejada onde e quando for necessário, aumentando assim a poupança de energia.

Os sistemas de aquecimento radiante eléctricos são mais simples e rápidos de instalar que qualquer sistema por água (aproximadamente 3 horas ao contrário de 3 dias para os segundos), e assim, os custos de mão-de-obra são pouco significativos.

Em média, um sistema eléctrico é programado para ser estabelecido duas vezes por dia, consumindo energia eléctrica continuamente apenas durante o período de aquecimento inicial. Desta forma, o consumo de energia pode ser tão baixo como um terço do tempo de operação. Em contrapartida, os sistemas por água consomem energia durante várias horas em virtude de levarem mais tempo a atingir as temperaturas desejadas.

Nos sistemas de aquecimento por água quente torna-se necessária uma regular limpeza de resíduos dos tubos, por forma a minimizar problemas na circulação de água. Os sistemas de aquecimento radiante eléctricos não possuem partes móveis e não requerem manutenção.

6.2.5 - Regulação do aquecimento

Uma unidade de regulação adequada é essencial para o sistema de aquecimento completo, pelas seguintes razões:

a) Mantém a temperatura de um compartimento estável, independentemente das condições atmosféricas exteriores;

b) Permite a utilização e optimização de fontes de calor sem custos, como a radiação solar que penetra através de uma janela, a presença de pessoas numa sala, ou o funcionamento de electrodomésticos, evitando assim o sobreaquecimento;

c) Permite a regulação correcta e separada da temperatura em cada um dos compartimentos, em função da sua utilização. Por exemplo, é possível regular uma temperatura mais elevada na casa-de-banho e temperaturas mais baixas nos quartos.

6.2.5.1 - Termóstatos programáveis

Existem diversos tipos de solução de termóstatos programáveis, com maiores ou menores funcionalidades de programação (Figura 6-8). Um bom aparelho deve, pelo menos, permitir programações diferentes para os dias da semana e os fins-de-semana. Actualmente existem também aparelhos portáteis, que são particularmente úteis para utilizadores que passam grande

parte do tempo em casa, com o objectivo de poderem regular o aquecimento na divisão da casa onde se encontram, como por exemplo do escritório e depois a sala de estar.

É preciso ter cuidado com o local onde se colocam os sensores. Devem ficar em paredes que não estejam expostas a radiação solar directa e em locais onde não existam correntes de ar. A altura ideal ronda 1,5m de forma a registar a temperatura ao nível dos ocupantes. O aparelho deve ser sempre colocado na divisão onde os ocupantes passam a maior parte do tempo.

Figura 6-8 - Termóstato regulável [41]

6.2.5.2 - Válvulas termostáticas

Outro dispositivo que pode ser utilizado para regular o sistema de aquecimento é a válvula termostática, um dispositivo específico que permite que cada radiador da casa funcione independentemente (Figura 6-9). As válvulas termostáticas controlam automaticamente a entrada de água quente no radiador em função da temperatura regulada em cada comando individual. A válvula fecha-se quando a temperatura ambiente, medida por um sensor, se aproxima da temperatura desejada, permitindo o encaminhamento da água quente para os outros radiadores que ainda estão abertos ou reduzindo o funcionamento da caldeira, quando as necessidades totais da casa foram atingidas.

A instalação de válvulas termostáticas é fácil e a sua correcta regulação e calibragem permite poupanças de energia significativas. Por esta razão, estes dispositivos devem ser instalados nos novos edifícios ou na reabilitação de edifícios antigos. As válvulas termostáticas podem ainda ser usadas em complemento dos termóstatos. Numa situação normal, é instalado um termóstato na divisão da casa que é ocupada durante mais tempo, usualmente a sala de estar. As válvulas termostáticas serão instaladas nas restantes divisões.

Figura 6-9 - Válvula termostática [21]

6.2.6 - Sistemas de aquecimento independente versus sistemas de aquecimento central em edifícios de apartamentos

Um sistema de aquecimento independente toma esta designação, quando os sistemas de produção e de distribuição de calor servem uma unidade residencial individual do edifício. A escolha deste sistema recai no desejo de as famílias gerirem de forma independente os seus sistemas de aquecimento. Com o sistema independente, as horas de operação do sistema e as temperaturas dos compartimentos podem ser adequadas ao perfil do utilizador. Por outro lado, uma vez que pagam pelo seu consumo real, os utilizadores tornam-se mais responsáveis, reduzindo, assim, o desperdício de energia.

As vantagens da utilização alargada de aparelhos de aquecimento independentes em blocos de apartamentos não são assim tão óbvias, apresentando também desvantagens, tais como:

a) Consumo excessivo de combustível devido ao sobredimensionamento das caldeiras, resultando em maiores emissões poluentes para a atmosfera;

b) Maiores riscos de segurança: a manutenção normal nem sempre é feita para todas as caldeiras instaladas no bloco de apartamentos;

c) A estética do edifício acaba por ficar comprometida, devido ao elevado número de chaminés e caldeiras instaladas.

Num bloco de apartamentos, um sistema de aquecimento centralizado inclui apenas uma caldeira situada num local adequado à sua instalação (Figura 6-10). A rede de distribuição é formada pelo sistema de tubagens destinados à alimentação de água quente, com temperaturas entre os 50ºC e os 90ºC, e retorno que fazem a ligação da caldeira aos radiadores.

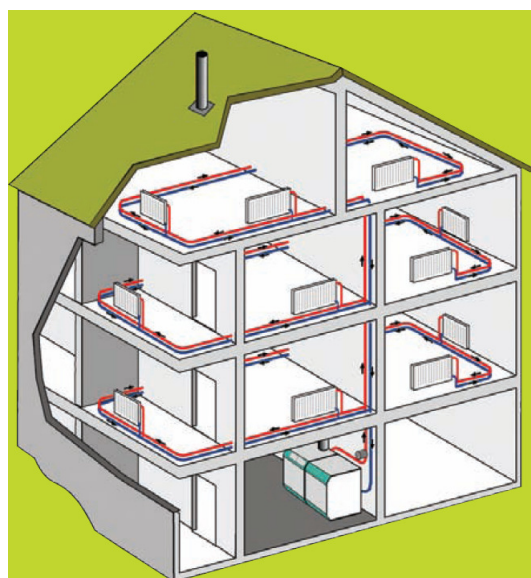



Figura 6-10 - Sistema de aquecimento central em edifícios de apartamentos [21]

O aquecimento central tem vantagens inquestionáveis quando comparado com o aquecimento central independente, sendo elas:

a) Maior poupança de energia, devido à instalação de um sistema com uma capacidade mais baixa e um desempenho mais elevado da caldeira;

b) Segurança melhorada, uma vez que a gestão e a manutenção da caldeira são da responsabilidade do gestor do condomínio;

c) Emissões poluentes reduzidas, para uma única chaminé;

d) Manutenção da caldeira com menores custos.

Este tipo de sistema de aquecimento centralizado não permite, contudo, a regulação independente da temperatura dos apartamentos, podendo originar a ocorrência de conflitos entre os co-proprietários do edifício acerca da regulação das horas de operação diária da caldeira.

Se a casa possuir este tipo de equipamento centralizado, deverá verificar se foi instalado um sistema de contagem de aquecimento independente em cada apartamento (contador de entalpia). Este é um dispositivo de contagem específico que mede o calor efectivamente consumido em cada apartamento. Se cada apartamento estiver equipado com válvulas termostáticas, o sistema permite controlar as temperaturas das secções do sistema de aquecimento que aquece o apartamento em causa.

No entanto, à semelhança do que acontece nalguns casos com a electricidade, poderá ser paga uma quantia fixa independentemente do grau e da frequência de utilização do sistema de aquecimento. Essa quantia cobre os custos de manutenção da caldeira comum e de outras unidades relacionadas.

6.2.7 - Manutenção

Ao longo dos anos, a corrosão e a formação de calcário e de depósitos acabam por danificar os componentes do sistema de aquecimento, provocando assim a perda de energia, reduzindo o nível de conforto no interior da casa e a eficiência global do sistema e, eventualmente provocando danos e avarias.

Este é um processo progressivo e invisível e os danos só são detectados quando já não é possível realizar acções de reparação. Para evitar esta situação, nomeadamente em instalações mais antigas, é recomendável analisar todo o sistema de aquecimento, com o objectivo de verificar se deve ser iniciada qualquer acção que possa devolver a eficiência do sistema, acabando assim com a corrosão e com os depósitos de calcário. Existem no mercado empresas com experiência

que podem ajudar a resolver estes problemas, de modo a evitar a ocorrência de avarias ou a substituição completa do sistema de aquecimento.

A acção de manutenção consiste em lavar o sistema de tubagens com agentes não agressivos e em injectar uma substância protectora que impede a corrosão e, assim, a oxidação do sistema de aquecimento.

Uma acção de manutenção deste tipo tem as seguintes vantagens:

a) Acções não invasivas;

b) Equilíbrio térmico do sistema;

c) Reposição das capacidades e temperaturas iniciais, aumentando, assim, a permuta de calor;

d) Melhoria da eficiência energética e do conforto ambiente;

e) Manutenção extraordinária reduzida, diminuindo, consequentemente, os custos de operação;

f) Ciclo de vida útil do sistema de aquecimento aumentado;

g) Baixo impacto ambiental;

h) Aumento da economia de combustível, até um máximo entre 15 a 20%.

O período de recuperação do custo desta intervenção depende da economia de combustível realmente obtida mas, de um modo geral, pode corresponder a mais de um ano de aquecimento.

6.3 - Sistemas de arrefecimento

6.3.1 - Ar condicionado

O ar condicionado no Verão transformou-se num requisito de conforto, sem o qual as pessoas já não passam, como o demonstra a utilização generalizada de unidades individuais de ar condicionado instaladas em edifícios não equipados com sistemas de origem.

O ar condicionado tem por objectivo manter uma temperatura ambiente o mais confortável possível. O conforto a que estamos habituados resulta da combinação de três factores: a temperatura, a humidade e a distribuição do ar. É no controlo destes três parâmetros que se baseia a eficiência de um aparelho.

As unidades individuais ocupam muito espaço e a sua instalação na fachada pode não ser permitida, seja por regra do condomínio, seja por imposição urbanística. Qualquer alteração de

fachada terá de passar não só pela autorização do condomínio, como pelo licenciamento autárquico. Para além disso as unidades produzem ruído.

Quando o ar condicionado é de facto necessário, devem preferir-se instalações centralizadas de ventilação e ar condicionado, usadas em todo o edifício, uma vez que são mais eficientes e não alteram a arquitectura do edifício.

O princípio de funcionamento de um equipamento de um ar condicionado consiste em absorver a energia de um local e libertar essa energia noutro. Tal processo requer uma unidade colocada na divisão a climatizar (Figura 6-11), uma unidade exterior (Figura 6-12) e tubagem de ligação entre as unidades. Através da tubagem, circula um gás refrigerante que absorve a energia de uma unidade e a liberta noutra.

Figura 6-11 – Unidade interna do ar condicionado [41]

Figura 6-12 – Unidade externa [41]

Em geral, o sistema de ar condicionado pode funcionar tanto em modo de aquecimento (bomba de calor) como em modo de arrefecimento (máquina frigorífica). No modo de aquecimento obtêm-se eficiências de funcionamento superiores.

6.3.1.1 - Sistemas centralizados de ventilação e ar condicionado

À semelhança do que acontece com o aquecimento centralizado, também os sistemas centrais de arrefecimento são mais eficientes. De facto, a capacidade instalada é inferior à soma das capacidades instaladas para cada utilizador individual, os custos de instalação e manutenção são mais baixos, consegue-se uma boa economia de escala através da redução do desperdício de energia e podem conseguir-se descontos na factura de electricidade através da combinação dos consumos.

As unidades centrais devem ser escolhidas com base na eficiência de funcionamento. Deve verificar-se se as condutas dos sistemas de arrefecimento têm uma camada considerável de material isolante para impedir a condensação e evitar danos no sistema.

6.3.1.2 - Sistemas de ar condicionado independentes

Os sistemas de ar condicionado independentes não estão ligados a um sistema central de aquecimento ou arrefecimento. Os tipos mais utilizados são:

a) Aparelhos de ar condicionado independentes de instalação em janela;

b) Aparelhos de ar condicionado independentes split ou com compressor incorporado;

c) Aparelhos de ar condicionado independentes multi-split.

Todos estes aparelhos estão equipados com as funções de arrefecimento e desumidificação do ar, ventiladores e unidades de controlo e operação. Os dois últimos também permitem de uma maneira geral o aquecimento. Estes são os denominados sistemas de “ar-ar”, uma vez que o ar é o fluido transportador. Podem constituir uma solução bastante satisfatória de climatização tanto no Verão como no Inverno, nomeadamente em edifícios já existentes. Contudo, nos edifícios novos, é preferível utilizar sistemas de ventilação e climatização centrais, uma vez que os sistemas independentes têm custos de operação mais elevados do que os sistemas centrais.

Em Portugal, começou a ser habitual a existência de pré-instalação de aparelhos de ar condicionado nas habitações novas. É preciso ter em atenção o tipo de aparelhos que foram instalados e a sua potência:

a) Os aparelhos do tipo “inverter”, embora mais caros, consomem entre 20 a 30% menos de electricidade que os aparelhos ditos convencionais, constituindo uma solução eficiente;

b) O valor do índice de eficiência energética é um critério muito importante. É designado pelas siglas inglesas EER (quando em arrefecimento) e COP (quando em aquecimento). Quanto mais altos os valores melhor. Um exemplo é a facilidade de encontrar unidades

"inverter" com EER de 4,5 ou superior. Uma forma de conhecer estes valores é a consulta da etiqueta energética dos equipamentos;

c) A potência adequada depende de factores como a qualidade de isolamento da divisão, a sua orientação, a existência ou não de janelas, o volume a tratar, a utilização do espaço, entre outros.

Sem esquecer outras vantagens como a maior facilidade de instalação, operação e manutenção, existem outros factores que não devem ser subestimados, tais como o ruído produzido pelas unidades e a dificuldade de controlar a humidade de uma maneira adequada no Inverno.

6.4 - Conclusões

Os sistemas de aquecimento e de arrefecimento desempenham um papel essencial nos edifícios e têm impacto no conforto interior. Simultaneamente, são responsáveis por uma parte significativa da factura energética das habitações e pelas emissões de gases poluentes para a atmosfera, sendo esta a razão pela qual a sua eficiência energética é fundamental. A eficiência energética de um sistema de aquecimento e/ou arrefecimento num edifício atinge o nível mais elevado, quanto menor for o consumo de energia para manter as condições de calor, com a maior estabilidade possível, proporcionando assim o bem-estar das pessoas.

A escolha de um sistema de climatização baseia-se na sua eficiência, que resulta da combinação de três factores: a temperatura, a humidade e a distribuição do ar.

Os radiadores têm algumas vantagens, nomeadamente:

a) Baixo custo de instalação;

b) Baixa inércia térmica, ou seja, uma resposta rápida.

No entanto, os radiadores apresentam as seguintes desvantagens:

a) São apenas utilizados para aquecimento;

b) Ocupam espaço útil;

c) Necessitam de uma temperatura de água entre 70 e 90ºC;

Os ventiloconvectores têm as seguintes vantagens:

a) Baixo custo de instalação;

b) Apresentam uma resposta muito rápida porque aquecem directamente o ar ambiente;

c) São utilizados para aquecimento e arrefecimento.

Porém, os ventiloconvectores apresentam as seguintes desvantagens:

a) Apresentam o risco de desconforto auditivo;

b) Apresentam também o risco de desconforto associado à velocidade do ar;

c) Grande consumo de energia;

d) Os custos de manutenção são elevados.

O tecto radiante, por sua vez, apresenta as seguintes vantagens:

a) Boa solução para sistemas de baixa temperatura;

b) Baixo consumo de energia;

c) Não ocupa área útil.

No entanto, o tecto radiante apresenta as seguintes desvantagens:

a) Tem um custo de instalação muito elevado;

b) Existe o risco de condensações, quando utilizado para arrefecimento;

c) Ocupa cerca de 20cm de altura.

As paredes radiantes apresentam as seguintes vantagens:

a) São uma boa solução para sistemas de baixa temperatura;

b) Baixo consumo de energia;

c) Não ocupam área útil.

As paredes radiantes apresentam as seguintes desvantagens:

a) Custo de instalação elevado;

b) Risco de condensações, quando utilizadas para arrefecimento;

c) Necessidade de ter cuidados especiais para furar paredes.

Em comparação com os sistemas de aquecimento tradicionais, o piso radiante proporciona um maior conforto com um consumo reduzido de energia. Como a temperatura de funcionamento é mais baixa a caldeira necessita de menos energia para proporcionar o mesmo nível de conforto. Com uma irradiação de baixo para cima, o calor é distribuído de modo uniforme e requer uma temperatura de água de apenas 30 a 40ºC, em vez dos 70 a 80ºC, que costumam ser necessários num sistema de aquecimento tradicional.

O sistema de piso radiante liberta o calor de uma forma natural, de baixo para cima, proporcionando um óptimo nível de conforto e bem-estar. Apresenta um conjunto de vantagens:

a) Ao trabalhar com temperaturas do circuito primário a, pelo menos, 25ºC abaixo de um sistema tradicional, o piso radiante proporciona uma poupança de combustível na produção de calor;

b) O sistema de piso radiante é invisível. Permite aproveitar ao máximo a área habitável e a decoração dos compartimentos não está sujeita à localização dos emissores de calor;

c) A distribuição de calor é uniforme. O piso radiante transmite energia para a estrutura do local, distribuindo-a e reduzindo a carga térmica sobre as pessoas que ocupam os compartimentos;

Quanto às temperaturas de trabalho, é importante que o salto térmico entre as temperaturas de ida e retorno do circuito de piso radiante seja reduzido. Quanto menor for a temperatura do fluido, maior será o nível de conforto e a poupança energética. A temperatura do fluido no piso radiante é de cerca de 40ºC, dependendo do tipo de pavimento. Segundo a norma EN1264-3, a diferença de temperatura entre o circuito de ida e retorno não deve ultrapassar os 8ºC. A emissão de energia para o compartimento deverá ser entre 90 a 100W/m². No arrefecimento, a temperatura mínima a circular no tubo será de 14ºC e a emissão térmica a transmitir será de 35W/m².

As bombas de calor, são equipamentos que retiram o máximo do calor ambiente do ar, da água ou da terra e multiplicam-no, utilizando um consumo mínimo de energia eléctrica. Transformam o calor que existe no meio ambiente na fonte de climatização das habitações.

Estas podem ser de diversos tipos, ar/ar, ar/água, água/água. A energia pode ser absorvida do ar (ambiente) ou da água (lençóis freáticos, furos artesianos), e transformada em energia térmica para climatização.

O aquecimento apenas eléctrico não é recomendável, uma vez que a electricidade é demasiado valiosa para ser consumida em produção de calor directo. É mais económico e mais sensato para o ambiente utilizar uma pequena porção de energia eléctrica (produzida a partir de centrais hidroeléctricas e estações eólicas, complementadas pela micro-geração solar), e a maior parte obtê-la de energia gratuita absorvida do ambiente.

As bombas de calor desenvolvidas para o sector residencial, foram optimizadas para diferentes tipos de utilização e existem soluções específicas para alta temperatura, compatíveis com a utilização de radiadores.

O valor significativo no investimento inicial é uma desvantagem a apontar às bombas de calor. No entanto, as bombas de calor apresentam diversas vantagens, tais como:

a) Não geram gases poluentes;

b) Produzem muito calor com baixos consumos de electricidade;

c) Necessitam de pouco espaço para a instalação, sendo em alguns casos menos de um metro quadrado.

O ar condicionado baseia-se no princípio da bomba de calor e produz ar quente e ar frio através de um circuito frigorífico. Responde a uma diversidade muito ampla de situações, desde pequenos espaços até edifícios de grandes dimensões, proporcionando sempre temperaturas de conforto ajustáveis no sentido do bem-estar de cada utilizador. Pode ser do tipo ON OFF, em que o compressor tem um funcionamento "pára arranca", ou do tipo "inverter", em que o compressor se ajusta automaticamente às variações de temperatura de forma modulante.

Actualmente, são equipamentos mais compactos e com melhor integração estética, existindo já ar condicionado por condutas também para o sector residencial.

Quanto às desvantagens do ar condicionado, há que salientar:

a) A visibilidade dos equipamentos com interferência no espaço;

b) Não é recomendável para pessoas com alergia à circulação de ar forçada;

c) Dificuldade em optimizar a colocação dos equipamentos, quando se pretende conciliar a produção de frio e de calor com as melhores performances.

No entanto, o ar condicionado é uma solução única que resolve as necessidades de aquecimento e arrefecimento; produz muito calor/frio com consumos de electricidade reduzidos; necessita de pouco espaço para instalação, existindo uma grande variedade de opções que permitem um investimento inicial moderado.

Capítulo 7 - Sistemas Convencionais para Produção de AQS

7.1 - Introdução

De acordo com o nº 1 do Artigo 7º do RCCTE, cada fracção autónoma não pode, como resultado dos tipos e eficiência dos equipamentos convencionais utilizados para aquecimento da água quente sanitária, sob condições e padrões de utilização nominais, e considerando a contribuição de colectores solares ou outras formas de energias renováveis, exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para produção de AQS (N_a), fixado no Artigo 15º e actualizável por portaria conjunta dos ministérios que tutelam o sector.

Neste capítulo, apenas se irão tratar os sistemas convencionais que são sistemas que usam energia não renovável.

Na maior parte dos casos, a água quente para uso doméstico é obtida através de um esquentador a gás ou um termoacumulador eléctrico. No entanto, quando existem unidades de aquecimento central é habitual que elas também produzam água quente.

O aquecimento de água é um processo no qual é consumida uma grande quantidade de energia, pelo que a selecção e utilização eficiente destes sistemas apresenta um grande impacto no consumo de energia.

No aquecimento de águas, a medida mais eficiente para poupar energia reside na minimização racional dos consumos de água quente.

Outra forma de reduzir os consumos passa pela instalação de sistemas redutores de caudal, como os chuveiros economizadores e os filtros arejadores. Estes sistemas proporcionam um conforto de utilização semelhante ao de um chuveiro ou torneira normal, mas com cerca de metade do caudal de água.

7.2 - Esquentadores a gás e caldeiras murais a gás instantâneas

Os esquentadores a gás (Figura 7-1) e as caldeiras murais (Figura 7.2) são aparelhos de produção instantânea, isto é, com um dispositivo que aquece imediatamente a água no momento em que é necessária. A selecção do esquentador mais adequado depende da análise de um conjunto diversificado de factores, salientando-se a capacidade (o número de litros de água aquecidos num minuto), o número de pontos de tiragem de água, a distância entre o local do esquentador e

o de tiragem de água, bem como do tipo de sistema de ignição de chama e do tipo de sistema de ventilação dos gases de combustão (atmosféricos ou ventilados).

Podem dividir-se em:

a) Aparelhos de potência fixa, em que a temperatura da água baixa com o aumento do fluxo. Por isso, caso se abra uma torneira enquanto uma pessoa toma duche, a água deste ficará mais fria;

b) Aparelhos de potência variável, que não apresentam este problema, porque os fluxos de gás e água estão relacionados entre si, de forma a manter a temperatura tanto quanto possível constante. Estes aparelhos estão a substituir os anteriores, por oferecerem maior conforto aos utilizadores e, também, maior economia.

Existem modelos de esquentadores instantâneos a gás que conseguem fornecer caudais de água quente de 5, 11, 14 e 18 litros por minuto (embora as capacidades possam variar de um fabricante para outro). Um aparelho de 5 litros por minuto apenas conseguirá fornecer água quente para uma torneira de um lavatório. Para ter uma torneira de lavatório aberta e tomar um duche ao mesmo tempo, já será necessário escolher um modelo de 11 litros por minuto, embora também possam ocorrer flutuações da temperatura. Para utilizações simultâneas superiores, é necessária uma capacidade superior.

Figura 7-1 - Esquentador [22]

Figura 7-2 - Caldeira mural [22]

As caldeiras de aquecimento central também podem produzir águas quentes sanitárias. No caso das caldeiras murais, o funcionamento é muito semelhante ao de um esquentador, se bem que a eficiência de produção de águas quentes é um pouco inferior. A junção do fornecimento da água sanitária com o aquecimento (climatização) permite uma única instalação e conduta de evacuação de gases e vapores.

Na instalação dos equipamentos deve recorrer-se sempre a instaladores qualificados e respeitar as normas de segurança, em particular a obrigatoriedade de colocar o aparelho num ambiente bem ventilado e de evacuar os gases para o exterior. Nunca se deve instalar um esquentador numa casa de banho.

Nos modelos que dispõem de chama piloto recomenda-se que se desligue o esquentador sempre que não for necessário, obtendo assim poupanças consideráveis e também garantindo uma maior segurança. A chama do esquentador deverá apresentar uma cor azulada quando em funcionamento. Tonalidades amarelas indicam que a combustão é incompleta, provocando um maior consumo de gás. Nesta situação é necessário solicitar assistência para a limpeza e regulação dos queimadores.

No caso dos aparelhos a gás, é necessário também, saber qual o tipo de gás que está disponível na habitação. A opção pelo gás natural é a mais vantajosa, quer do ponto de vista económico como ambiental.

As tarifas do gás natural mudam com alguma frequência e dependem directamente do preço do petróleo, pelo que a tendência tem sido de aumento dos custos de utilização dos sistemas a gás face aos custos da electricidade. De um ponto de vista económico, um termoacumulador eléctrico associado à tarifa bi-horária, poderá ser a melhor opção, mesmo não sendo a mais desejável do ponto de vista ambiental.

O GPL é uma alternativa ao gás natural. Nasce durante o processo de transformação do gasóleo sob a forma de propano gasoso que posteriormente é liquefeito a uma pressão baixa. A distribuição é realizada por camiões cisterna até reservatórios próximos dos consumidores. O GPL existe também em garrafas de 11 e 45 kg. A sua combustão completa é extremamente limpa do ponto de vista ambiental. No entanto, o facto de no estado gasoso ser mais denso que o ar, faz com que, em caso de fuga ou derrame, se acumule em locais baixos. Também a combustão incompleta, num espaço confinado, pode produzir monóxido de carbono, com os consequentes riscos de acidente. No intuito de reduzir estes riscos é fortemente odorizado, para facilitar a detecção de fuga. Utiliza os mesmos equipamentos base do gás natural, embora com custos de consumo muito superiores. E tal como para o gás natural a necessidade de espaço para a caldeira é reduzida e o investimento muito acessível.

O gás natural é um recurso energético fóssil. Crê-se que as reservas serão suficientes para algumas décadas, o que dá alguma estabilidade relativa no curto e no médio prazo. O contínuo e rápido alargamento do sistema de distribuição por rede pública revela que é uma das grandes apostas energéticas para o futuro próximo. Este gás, por ser mais leve do que o ar, tem tendência a subir e a dissipar-se na atmosfera, sendo por isso muito seguro. Porém, uma combustão incompleta, num espaço confinado, pode produzir monóxido de carbono. É odorizado artificialmente, para facilitar a detecção de fuga. É económico: constitui uma das energias com

mais baixo custo por kWh. Ao ser distribuído através de canalização, proporciona mais conforto, uma vez que permite uma continuidade de fornecimento sem interrupções inesperadas. Constitui uma opção interessante para aquecimento, porque necessita de pouco espaço e investimento. O gás tem uma combustão quase sem enxofre, isenta de metais pesados e com baixo teor de óxido de azoto.

O petróleo é o mais importante recurso energético fóssil, desde há um século. Necessita de longos milhões de anos para se formar, a partir de sedimentos orgânicos. É extraído do subsolo e transformado em refinarias. Um dos combustíveis resultante deste processo, o gasóleo, tem sido um dos mais utilizados em equipamentos de aquecimento. Como é um recurso limitado quantitativamente, é demasiado precioso para ser queimado com um rendimento medíocre. A utilização de caldeiras modernas e eficientes é fundamental. O ideal será utilizar equipamentos com tecnologia de condensação para potenciar o rendimento e a economia do sistema. Nos últimos anos, através de adequadas alterações químicas, foi reduzida de forma muito significativa a presença de diversas substâncias nocivas no gasóleo, mas mantém a libertação de CO_2 na combustão, o que contribui para o aquecimento global do planeta.

7.3 - Termoacumuladores eléctricos

Estes equipamentos são formados por uma resistência eléctrica que aquece a água, um reservatório isolado para armazenar, um termóstato e um dispositivo que impede o sobreaquecimento (Figura 7-3).

O aquecimento da água com termocumuladores não é imediato, estando dependente da potência da resistência eléctrica e da capacidade do aparelho. É sempre necessário aguardar algum tempo até que a água aqueça e possa ser utilizada.

A capacidade do termoacumulador para uso doméstico varia entre 30 e 150 litros. Embora existam capacidades superiores, esta deve ser escolhida em função da quantidade de água necessária: cerca de 50 litros por dia por pessoa; 100 litros para duas ou três e 150 litros para quatro ou mais pessoas.

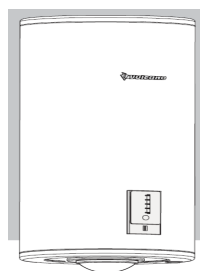



Figura 7-3 - Termoacumulador [37]

Se o termoacumulador for pequeno, a reserva de água será insuficiente, mas um termoacumulador sobredimensionado desperdiça muita energia, visto que mantém a uma temperatura elevada uma significativa quantidade de água que não é utilizada. Como as perdas através das paredes dos termoacumuladores são significativas, não existe vantagem em adquirir e instalar um termoacumulador maior do que o necessário.

Um termoacumulador mal isolado pode perder, para o ambiente, até 1,2 kWh por dia, equivalentes a cerca de 0,14 euros, mesmo quando a água não está a ser instalada. Para reduzir os custos, é importante limitar as perdas de calor, o que passa por isolar bem o reservatório e regular o termóstato para 65 ºC, instalar um temporizador para aquecer a água apenas quando é necessário, no caso de ter aderido à tarifa bi-horária e colocar torneiras termostáticas no lava-loiça ou na banheira, regulando-as para a temperatura desejada. Não se deve desligar o aparelho e voltar a ligá-lo algumas horas antes de necessitar de água quente. De facto, em vez de se limitar a manter a água à temperatura atingida, seria necessário voltar a aquecê-la. A hipótese de considerar um isolamento adicional, poderá reduzir o consumo do termoacumulador em cerca de 5 a 10%. Existem casos de caldeiras de aquecimento central, em que a água quente é mantida em acumuladores, sofrendo do mesmo problema.

O aparelho deve ser instalado de preferência num local quente e estrategicamente colocado entre a cozinha e a(s) casa(s) de banho, para minimizar o comprimento da canalização necessária e consequentemente diminuir as perdas de calor. Nunca deve ser instalado numa cave não aquecida. Devem efectuar-se manutenções periódicas (cada dois anos), aos tanques de armazenamento de água quente dos sistemas de aquecimento central e termoacumuladores eléctricos. Para remover os depósitos de calcário da resistência, devem reparar-se de imediato as torneiras que vertem e substituir os ânodos de magnésio (dispositivos que servem para prevenir a formação de ferrugem no depósito). Além disso, de seis em seis meses deve abrir-se a válvula de segurança, com o objectivo de eliminar depósitos de calcário que se tenham formado.

7.4 - Bombas de calor para AQS

A bomba de calor assume, nos dias de hoje, a alternativa energética mais apetecível para a função de aquecimento central e de águas sanitárias.

É um sistema central que através da circulação do ar, da água ou da terra permite aquecer ou refrigerar toda a casa. Permite também o aquecimento de águas sanitárias ou de piscinas. O seu funcionamento baseia-se na transferência do calor da atmosfera, da água ou da terra para o interior da casa. A refrigeração funciona de forma inversa.

As bombas de calor para produção de águas quentes sanitárias podem ser classificadas em:

a) Aerotermia (ar-água);

b) Geotermia (água-água; terra-água).

7.4.1 - Bombas de calor aerotérmicas

A bomba de calor aerotérmica é de instalação bastante mais simples, semelhante à de um vulgar aparelho de "Ar Condicionado", e utiliza a diferença de temperaturas entre o ar interior e o ar exterior.

O ar que nos rodeia, é uma fonte de energia inesgotável e gratuita. As bombas de calor aerotérmicas "ar/água", retiram energia do ar e elevam a sua temperatura transferindo-a para dentro da casa. Esta captação de calor é feita sem alterar nem poluir o ambiente, podendo transmitir para o interior uma temperatura constante, tanto no Verão como no Inverno.

O sistema é composto por um captador de energia exterior, um circuito de aquecimento no interior (piso radiante, radiadores ou ventiloconvectores) e entre eles uma bomba de calor permitindo a troca de energia.

A aerotermia funciona com um fluído frigogéneo (R407C) preservando a camada do ozono. A particularidade desse fluido é ter uma temperatura de ebulição muito baixa (-40ºC) o que lhe atribui um poder de aquecimento rápido e potente.

As bombas de calor aerotérmicas apresentam as seguintes vantagens:

a) A climatização é possível graças ao ventiloconvector que, permite baixar a temperatura ambiente para um conforto optimizado no Verão;

b) Permite ter conforto durante todo o ano, porque no aquecimento utiliza o ar exterior. No arrefecimento, o circuito refrigerante é invertido, absorvendo as calorias da habitação para as libertar no exterior através do captador;

c) Capta o calor sem alterar nem poluir o ambiente, com emissão de CO_2 para a atmosfera quase inexistente e um consumo energético muito reduzido.

7.4.2 - Bombas de calor geotérmicas

No caso da bomba de calor geotérmica, é utilizada a diferença de temperatura entre o interior da habitação e a temperatura "quase-constante" do subsolo no exterior. Esta instalação obriga à escavação no exterior para a instalação das tubagens.

É a energia que se obtém por extracção do calor do solo, sendo ao longo de todo o ano, constante, inesgotável e gratuita. A bomba de calor geotérmica aproveita a temperatura do subsolo ao longo de todo o ano, a cerca de +10ºC e das águas freáticas até uma temperatura útil para aquecimento, absorvendo ou cedendo calor ao terreno através de diferentes sistemas de captação geotérmica. Tal facto permite aquecer as habitações no Inverno, refrigerá-las no Verão e produzir simultaneamente água quente sanitária.

Na geotermia, os dois tipos de captação mais habituais, são:

a) A captação horizontal;

b) A captação vertical;

c) A captação em lençol freático.

O uso de cada uma das formas de captação, depende da área disponível para colocação dos captadores.

7.4.2.1 - Captação horizontal

Os tubos são colocados horizontalmente à superfície do terreno a 60 cm de profundidade, conforme a orientação geográfica (Figura 7-4). São tubos sob pressão em polietileno ou cobre revestidos de PVC, nos quais circula água glicolada ou fluido frigorígeno. Este sistema precisa de uma superfície de terreno de 1,5 a 2 vezes a superfície habitável a aquecer.

A natureza do solo e a exposição do terreno têm muito pouca influência no sistema. E vice-versa, o sistema não provoca nenhuma modificação no terreno: é possível colocar relvado e arbustos à superfície do sistema. É possível plantar árvores ou colocar um revestimento (alcatrão, etc.) a uma distância mínima de 2m da zona de captação.

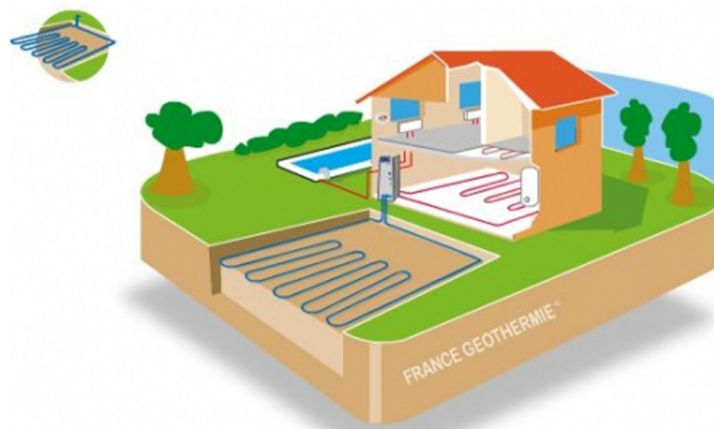



Figura 7-4 - Tubos colocados horizontalmente à superfície do terreno [20]

7.4.2.2 - Captação vertical

As sondas são colocadas num ou vários furos de 80 a 120m de profundidade. São tubos sob pressão em polietileno, nos quais circula água glicolada. O princípio consiste em recuperar o calor em profundidade com uma sonda geotérmica (Figura 7-5).

Este sistema permite explorar ao mínimo a superfície do terreno à volta da casa.

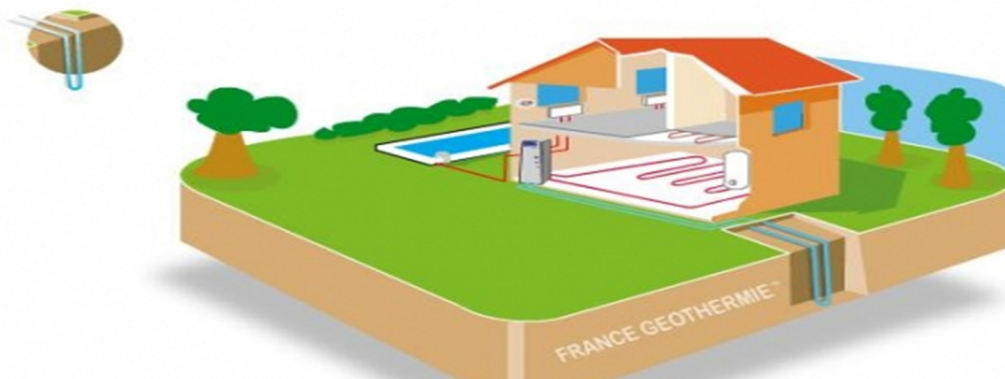



Figura 7-5 - Recuperação do calor em profundidade através de uma sonda geotérmica [20]

7.4.2.3 - Captação em lençol freático

O circuito capta o calor da água de um lençol freático com um furo profundo (Figura 7-6), geralmente de 8 a 50m segundo as regiões. A bomba de calor capta a energia contida, não no solo como na captação horizontal ou vertical, mas na água do lençol freático que se mantém a uma temperatura constante todo o ano (de 9º a 12ºC, ou mais consoante a região). Este sistema bombeia a água por perfuração num primeiro furo a montante do lençol freático, e em seguida deposita-a num segundo furo, ou num posso perdido a jusante do lençol freático.

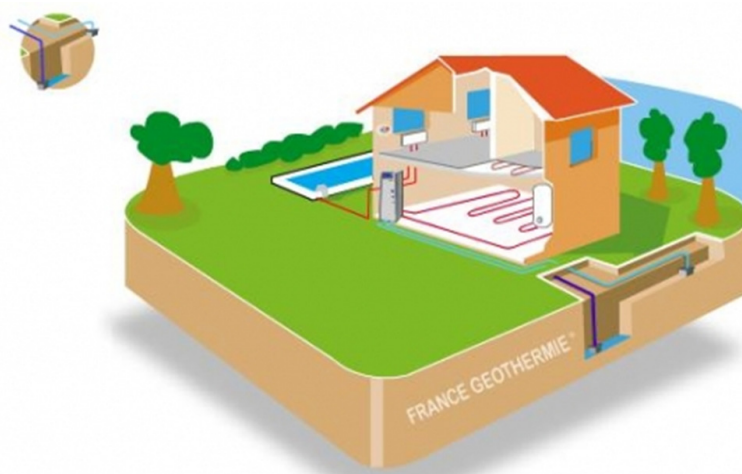



Figura 7-6 - Captação do calor da água de um lençol freático [20]

As bombas geotérmicas apresentam as seguintes vantagens:

a) Sistema versátil, porque pode funcionar através de radiadores, ventiloconvectores e piso radiante;

b) O terreno usado na captação horizontal pode ser usado para outros fins;

c) A ausência de combustão evita limpezas e verificações. A parte da climatização funciona num circuito fechado, não havendo necessidade de substituir a água ou o gás;

d) Capta o calor sem alterar nem poluir o ambiente, com emissão de CO_2 para a atmosfera quase inexistente e um consumo energético muito reduzido.

7.5 - Aquecimento de água centralizado em apartamento

À semelhança do que acontece com as instalações de aquecimento ambiente, um sistema centralizado, quando comparado com o sistema tradicional, com diversos termoacumuladores eléctricos, esquentadores ou caldeiras a gás, torna-se mais económico, uma vez que consome menos energia. Para além desta vantagem, existe ainda a possibilidade facilitada para integração com a instalação de painéis solares térmicos, obtendo desta forma uma maior poupança de energia.

No caso de existir um tanque de armazenamento de água quente, recomenda-se a utilização de reservatórios em aço inoxidável, com bom isolamento térmico e protecção interna contra a corrosão. Caso não haja ligação com sistemas solares térmicos, a serpentina deve ser colocada no fundo da caldeira. No caso de se usar água quente solar, o tanque deverá ter duas serpentinas: uma colocada no fundo, para receber o calor vindo dos painéis e outra (ou uma resistência eléctrica) no topo, ao qual está ligado o sistema de apoio (com energia convencional). A temperatura da água deve rondar os 65ºC, por forma a evitar o desenvolvimento de bactérias.

7.6 - Conclusões

Os sistemas convencionais para produção de AQS podem ser a gás, eléctricos, por energia solar e através de bombas de calor.

Um sistema de aquecimento de água funcionará melhor se foi antecipadamente definido na fase de projecto, uma vez que a instalação adequada pode exigir certos cuidados que interferem directamente no desenho da planta, tais como as instalações eléctricas e hidráulicas e/ou a inclinação do telhado, no caso da energia solar. A escolha do aquecedor depende do volume de

água, das características físicas da obra, da legislação vigente e do tipo de energia a ser utilizado para o aquecimento da água: eléctrica, a gás ou solar. A partir daí, são definidos o sistema de alimentação e o volume dos equipamentos.

O volume de água a ser aquecida pode ser doméstico ou industrial. Considera-se volume de água doméstico, o volume de água para utilização em hóteis, condomínios, hospitais, pousadas, clubes, academias, fábricas, entre outros. O aquecimento pode dar-se por acumulação, quando a água aquecida fica armazenada em boilers (caldeiras), ou por passagem, quando a água é aquecida no momento em que passa pelo aparelho. Um factor importante é a localização geográfica do imóvel. O sistema a gás, por exemplo, pode ficar mais barato em cidades servidas por gás de rua. Já a opção pelo aquecimento solar é muito boa para regiões em que a incidência do sol é constante.

As bombas de calor são muito mais eficazes do que os outros sistemas de aquecimento, pela seguinte razão: em vez de gerarem o aquecimento directo, o que fazem é "mover o calor". Por esta razão, as bombas de calor são cinco vezes mais eficazes do que os outros aquecedores. No caso dos aquecedores solares, considera-se que uma bomba de calor fornece energia térmica mesmo de noite e em dias de chuva e frio, podendo haver soluções em que se associam aos painéis solares.

As bombas de calor recorrem a uma tecnologia que permite obter cinco vezes mais aquecimento do que a energia eléctrica que consomem. Um sistema semelhante ao utilizado no ar condicionado garante um custo de apenas 20%, quando comparado com as resistências eléctricas.

O calor flui por natureza das altas para as baixas temperaturas. No entanto, a bomba de calor pode forçar o fluxo de calor em sentido contrário, utilizando uma quantidade de trabalho relativamente pequeno. A bomba de calor pode transferir o calor de fontes naturais, como por exemplo, o ar, a água e a própria terra, até o lugar ou processo que se queira aquecer.

O princípio de funcionamento da bomba de calor não é recente. A sua origem deu-se em 1824, por Carnot quando estabeleceu os conceitos de ciclo e reversibilidade, e pela concepção teórica posterior de lorde Kelvin, que define que um gás pode comportar-se ciclicamente, comprimido e expandido, produzindo frio e calor. A crise do petróleo e a subida de preços de combustíveis a partir de 1973, impulsionou as pesquisas de novos equipamentos de alta eficiência, com o objectivo de baixar os custos de aquecimento nos processos industriais e químicos, o que possibilitou o desenvolvimento da bomba de calor. As bombas de calor do ponto de vista tecnológico, têm tido uma evolução muito positiva. Actualmente, a utilização de bombas de calor justifica-se não só pelo desempenho que traduzem, mas também pela sua contribuição nas reduções de emissão de CO_2. A bomba de calor consome menos energia primária do que os meios tradicionais de aquecimento.

Com uma bomba de calor, pode escolher-se a temperatura de aquecimento desejada, graças ao termóstato de elevada precisão, que faz com que a temperatura da água possa ser mantida com uma variação de pelo menos um grau, uma vez que a bomba inicia assim que detecta uma variação superior a esse valor. A bomba pára sempre que o sistema de filtragem parar por algum motivo ou o fornecimento de ar fresco for interrompido.

O aquecimento a gás pode ser de acumulação ou de passagem. É muito difundido, uma vez que apresenta um custo final menor do que o eléctrico, pelo facto de não depender do sol e por proporcionar uma temperatura de saída maior, passou a ser limitado se utilizado como única fonte de calor frente às instabilidades de preço e fornecimento decorrentes da sua importação. Como é uma fonte de geração de monóxido de carbono, os resíduos de queima são tóxicos e afectam o meio ambiente. O rendimento destes aquecedores, no caso de passagem, oferece uma pressão de água quente muito maior do que nos modelos de passagem eléctricos. Os sistemas a gás com acumulação de água quente oferecem um uso mais imediato e com maior pressão de água do que no similar eléctrico. Como desvantagens, os aquecedores a gás de passagem apresentam riscos de vazamento e intoxicação, se não forem seguidas as especificações, bem como uma dificuldade em manter a temperatura baixa. Nos sistemas de acumulação existe também o risco de vazamento, se não forem seguidas as especificações.

O aquecimento eléctrico de água também pode ser por acumulação ou de passagem. A energia eléctrica oferece uma facilidade de instalação incomparável, a sua disponibilidade é muito grande e a sua geração é favorável ao meio-ambiente, sem qualquer poluição na geração ou no consumo. Apenas o custo é um factor a salientar.

As vantagens do aquecimento eléctrico da água, de passagem individual, como por exemplo o simples chuveiro, a torneira eléctrica ou até o aquecedor sob a pia do banheiro, é que é compacto e fácil de instalar, dispensando tubulação de gás ou de água quente. No caso do aquecimento central por acumulação, existe água quente para uso quase imediato e com boa pressão.

As desvantagens, no caso do aquecimento eléctrico da água de passagem individual, são o custo do kW/h, a baixa pressão e a pouca vazão da água e no caso do central são o custo do kW/h.

Capítulo 8 - Sistemas de Aproveitamento de Energias Renováveis

8.1 - Introdução

No caso de estudo, o sistema de aproveitamento de energias renováveis mantém-se constante. No entanto, torna-se importante referir neste capítulo as várias soluções disponíveis, uma vez que têm um peso muito significativo na certificação energética. Por outro lado, existem outras formas de energia renovável, nomeadamente a biomassa, que serão analisadas no caso de estudo dos sistemas de climatização.

Diz-se que uma fonte de energia é renovável quando não é possível estabelecer um fim temporal para a sua utilização. É o caso do calor emitido pelo sol, da existência do vento, das marés ou dos cursos de água. As energias renováveis são virtualmente inesgotáveis, mas limitadas em termos da quantidade de energia que é possível extrair em cada momento.

As principais vantagens resultantes da sua utilização consistem no facto de não serem poluentes e poderem ser exploradas localmente. A utilização da maior parte das energias renováveis não conduz à emissão de gases com efeito de estufa. A única excepção é a biomassa, uma vez que há queima de resíduos orgânicos, para obter energia, o que origina dióxido de enxofre e óxidos de azoto.

A exploração local das energias renováveis contribui para reduzir a necessidade de importação de energia, ou seja, atenua a dependência energética relativamente aos países produtores de petróleo e gás natural.

As fontes de energia renováveis ainda são pouco utilizadas devido aos custos de instalação, à inexistência de tecnologias e redes de distribuição experimentadas e, em geral, ao desconhecimento e falta de sensibilização para o assunto por parte dos consumidores e dos municípios.

Ao ritmo que cresce o consumo dos combustíveis fósseis, e tendo em conta que se prevê um aumento ainda maior a curto/médio prazo, colocam-se dois importantes problemas: as questões de ordem ambiental e o facto dos recursos energéticos fósseis serem finitos, ou seja, esgotáveis.

As fontes de energia renováveis surgem como uma alternativa ou complemento às convencionais. Num país como Portugal, que não dispõe de recursos energéticos fósseis, o aproveitamento das fontes de energia renováveis deveria ser um dos objectivos primordiais da política energética nacional [17].

Para promover o recurso a outras formas de energia para a preparação de AQS - que não as convencionais, geradas a partir de combustíveis fósseis - o RCCTE torna obrigatório (números 2 a 4 do Artigo 7º), o uso de colectores solares ou, em alternativa ou complementaridade, o recurso a outras formas de energia renováveis, como sejam, as provenientes da energia solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, entre outras.

A promoção da utilização de formas de energia renováveis está bem patente na expressão utilizada para o cálculo das necessidades nominais de energia útil para preparação de AQS (N_{ac}), nomeadamente, ao permitir que sejam subtraídos aos consumos de energia resultantes de fontes convencionais, as contribuições resultantes de energias renováveis e/ou aquelas obtidas por colectores solares.

Por outro lado, ao estabelecer valores nominais máximos admissíveis de energia útil para a preparação de AQS (N_a) relativamente baixos, e que tendencialmente poderão vir a ser ainda mais reduzidos no futuro, o RCCTE não deixa outra alternativa que não seja a utilização de sistemas convencionais mais eficientes, complementados com energias renováveis.

O método de cálculo das necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS (Nac) é descrito no Anexo VI do RCCTE e traduz-se na Equação 8.1:

$$N_{ac} = \frac{\frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren}}{A_p}$$ **(Equação 8.1)**

Onde:

Q_a - Energia necessária para aquecimento da água sanitária em sistemas convencionais. em kWh/ano;

η_a - Eficiência de conversão de sistemas convencionais de preparação das águas quentes sanitárias;

E_{solar} - Contribuição dos sistemas de colectores solares térmicos, em kWh/ano;

E_{ren} - Contribuição de sistemas alternativos de energias renováveis, em kWh/ano;

A_p - Área útil de pavimento, expressa em m_2.

8.2 - Sistemas de colectores solares para produção de AQS

De acordo com o nº 2 do Artigo 7º, o recurso a sistemas de colectores solares térmicos para AQS nos edifícios abrangidos pelo RCCTE é obrigatório, sempre que haja uma exposição solar adequada.

Existe uma exposição solar adequada (nº 3 do Artigo 7) quando existe uma cobertura em terraço ou uma cobertura inclinada (cuja normal esteja orientada no quadrante Sul, entre SE e SW), e desde que estas não sejam sombreadas por obstáculos significativos no período que se inicia duas horas depois do nascer do sol e termina duas horas antes do ocaso.

Existindo exposição solar adequada, os colectores solares são calculados na base de $1m^2$ de colector solar por ocupante convencional previsto, podendo este valor ser reduzido de forma a não exceder 50% da área da cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante sul.

De acordo com o número 4 do Anexo VI do RCCTE, a contribuição de sistemas solares só pode ser contabilizada, se os sistemas ou equipamentos forem certificados de acordo com as normas e legislação em vigor, instalados ou instaladores acreditados pela DGGE e cumulativamente, se houver garantia de manutenção do sistema em funcionamento eficiente durante um período mínimo de seis anos após instalação.

Nos termos do número 4 do Anexo VI do RCCTE, a contribuição dos sistemas de colectores solares para a preparação de AQS (E_{solar}) deve ser calculada utilizando o programa SOLTERM do INETI.

Em Portugal, desde Julho de 2006, todos os edifícios novos devem ser projectados de acordo com o novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (DL 80/2006). Neste regulamento prevê-se a utilização de painéis solares térmicos sempre que o edifício apresente boas condições de captação de radiação solar, ou seja, boa exposição solar.

Os painéis solares são a tecnologia mais difundida de aquecimento de águas com fontes de energia renováveis. Infelizmente, em Portugal, tem-se feito pouco aproveitamento da energia solar. No entanto, nos últimos anos, a tecnologia tem vindo a atingir níveis de fiabilidade e eficiência que permitem a sua utilização de forma eficiente.

A Figura 8-1 ilustra um colector solar térmico e os seus diferentes componentes: 1 – Cobre, como superfície absorsora; 2 – Carcaça, em perfil de alumínio anodizado castanho; 3 – Isolamento de lã de rocha; 4 – Painel traseiro, em folha de alumínio; 5 – Estanquidade, com juntas em borracha EPDM; 6 – Juntas de fixação, em borracha EPDM; 7 – Cobertura, com vidro temperado, normal 40/400.

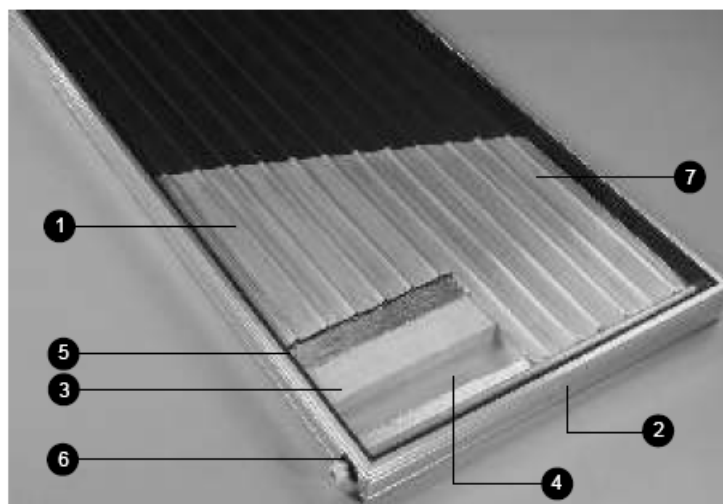



Figura 8-1 - Painel solar e respectivos materiais [18]

Um painel solar ou colector solar é um dispositivo que converte a energia solar em energia térmica. Em termos gerais, o sistema completo é constituído por um painel que recebe a luz do sol, um permutador em que o fluido de aquecimento circula e um depósito em que a água quente é armazenada.

Os painéis solares produzem água quente de baixa temperatura, entre 50 e 90ºC. A área de painel necessária para uma habitação ronda $1m^2$ por pessoa. No que diz respeito à dimensão do depósito, deve considerar-se entre 50 a 70 litros por pessoa.

Para optimizar o retorno do investimento, os painéis solares deverão ter uma dimensão adequada para preencher as necessidades de água quente do lar com a energia solar disponível no Verão. Isto significa que só são preenchidas cerca de 70% das necessidades, uma vez que seriam necessários painéis solares maiores para obter a mesma energia no Inverno. No entanto, a escolha do tamanho dos painéis solares em função das necessidades de energia durante os meses de Inverno resulta num excedente de energia durante o Verão, constituindo um desperdício. Assim, os sistemas solares necessitam de apoio de sistemas convencionais para a produção de água quente, tais como por exemplo a caldeira a gás, a caldeira a gasóleo, entre outros.

Existem diversos métodos para tirar o máximo partido do sistema em termos de eficiência, ou seja:

a) Os colectores devem ficar orientados para Sul. Caso isto não seja possível, devem ser rodados no máximo a 45 graus, para Este ou Oeste;

b) O ângulo dos colectores relativamente à linha horizontal deve ser o correspondente à latitude do local. São aceitáveis ângulos mais baixos para objectivos arquitecturais específicos e para colectores usados apenas no Verão. Em caso de uma maior utilização

durante o Inverno, nomeadamente para fins de aquecimento, recomenda-se um ângulo mais elevado;

c) As tubagens devem ser isoladas de forma adequada para reduzir as perdas de calor desde o colector até ao ponto de utilização;

d) O acesso para manutenção e limpeza dos colectores deve ser fácil.

Com uma manutenção básica, os sistemas de energia solar têm uma vida útil superior a 15 anos. O investimento necessário por cada m^2 de superfície instalado é variável, dependendo se é um edifício novo ou um edifício já construído, da sua altura, do tipo de cobertura, entre outros. Não obstante, estabelecem-se custos médios entre 500 a 1000 €/m^2 por captador solar. O período de retorno do investimento típico varia entre os 6 e os 10 anos.

As instalações em edifícios multifamiliares são condicionadas fortemente pela sua dimensão, implicando normalmente a respectiva aprovação pelo condomínio. A concepção dos sistemas pode ser realizada de forma mais ou menos centralizada nos equipamentos colectores, depósitos solares e sistemas de apoio, encontrando-se mais facilitada se a sua solução for concebida na fase de projecto do edifício.

A integração de uma instalação solar térmica num edifício existente pode apresentar alguns problemas, sendo muitas das vezes ultrapassáveis e decorrentes da localização e montagem dos colectores e depósito, colocação de tubagens e infra-estrutura eléctrica, bem como de compatibilidades com os sistemas de apoio.

Os painéis solares térmicos também podem constituir um complemento interessante como apoio à climatização ambiente. O aproveitamento da energia solar para produzir frio é uma das aplicações térmicas com maior potencial futuro, uma vez que nas épocas em que se necessita de arrefecimento coincide com aquelas de maior radiação solar.

A selecção de um equipamento deve recair num colector solar certificado que apresentará características de qualidade comprovada, permitindo assim dar uma maior garantia ao utilizador final.

A instalação dos sistemas deverá ser efectuada por instaladores certificados para o efeito. O fornecimento de equipamentos solares deve ser acompanhado de um certificado de garantia total de qualidade e pleno funcionamento por um período mínimo de 6 anos.

8.3 - Outros sistemas de aproveitamento de fontes de energias renováveis

O número 4 do Artigo 7º permite que, em alternativa à utilização de colectores solares térmicos, se utilizem quaisquer outras formas de energia renováveis que captem, numa base anual, energia equivalente à dos colectores solares, podendo esta ser utilizada para outros fins que não a do aquecimento de água, se tal for mais eficiente ou conveniente.

De acordo com o número 5 do Anexo VI do RCCTE, a contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis (E_{ren}), (solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, etc), para a preparação de AQS, bem como de quaisquer formas de recuperação de calor, de equipamentos ou de fluidos residuais, deve ser calculada com base num método devidamente justificado e reconhecido e aceite pela entidade licenciadora.

Os outros sistemas de aproveitamento de fontes de energias renováveis serão tratados separadamente na secção seguinte.

8.3.1 - Energia solar fotovoltaica

Um painel fotovoltaico é um dispositivo capaz de converter a energia solar directamente em electricidade (Figura 8-2). A unidade básica de um módulo fotovoltaico é a célula fotovoltaica. A versão mais utilizada é formada por uma placa de material semicondutor em sílico monocristalino, cujo tamanho varia entre 10 a 15 centímetros.

Figura 8-2 - Painéis fotovoltaicos [18]

O desempenho energético dos painéis fotovoltaicos (PV) varia consoante a luz solar disponível e a inclinação dos módulos, sendo a eficiência de conversão da ordem dos 15%.

Portugal, devido às suas características climáticas, possui excelentes condições para a conversão fotovoltaica, com índices de produção entre 1 e 1,7 kWh por ano, por cada Wp (Watt-pico) instalado.

Infelizmente, os custos anuais são elevados. O custo actual é da ordem dos 10 euros por Wp para sistemas isolados da rede eléctrica e de cerca de 6 euros por Wp para sistemas ligados à rede eléctrica, o que se traduz num custo do kWh produzido no tempo de vida do sistema, 20 a 30 anos, de cerca de 4 a 6 vezes a tarifa praticada para a venda de electricidade em baixa tensão.

Embora seja importante uma verificação/inspecção periódica do equipamento para garantir o correcto funcionamento e longevidade dos sistemas, das despesas de operação e manutenção, podem ser considerados como desprezáveis.

A tecnologia solar apresenta um elevado número de vantagens, apresentadas seguidamente:

a) Alta fiabilidade, uma vez que não tem peças móveis, o que se torna muito útil nas aplicações em locais isolados;

b) Adaptabilidade aos módulos, permitindo montagens simples e adaptáveis a várias necessidades energéticas;

c) Os sistemas podem ser dimensionados para aplicações com potências variáveis;

d) A energia gasta durante as horas de radiação pode ser armazenada em baterias para o seu aproveitamento durante as horas de inexistência de insolação;

e) O custo de operação é reduzido, sendo a manutenção quase inexistente;

f) A tecnologia fotovoltaica apresenta vantagens ambientais, devido ao facto do produto final não ser poluente, silencioso e não perturbar o ambiente.

No entanto, esta tecnologia apresenta também algumas desvantagens, sendo elas:

a) O fabrico dos módulos fotovoltaicos necessita tecnologia muito sofisticada provocando um custo de investimento elevado;

b) O rendimento real de conversão de um módulo é reduzido face ao custo do investimento, sendo o limite teórico máximo numa célula de silício cristalino de 28%;

c) Os geradores fotovoltaicos raramente são competitivos do ponto de vista económico, face a outros tipos de geradores, tais como por exemplo os geradores a gasóleo. A excepção restringe-se a casos onde existam reduzidas necessidades de energia em locais isolados e/ou em situações de grande preocupação ambiental;

d) Quando é necessário proceder ao armazenamento de energia sob a forma química (baterias), o custo do sistema fotovoltaico torna-se ainda mais elevado.

8.3.1.1 - Microprodução de electricidade

Em Portugal, foi recentemente aprovado um decreto-lei que facilita o acesso aos consumidores a este tipo de tecnologia, podendo ainda tornar-se microprodutores de energia eléctrica.

A partir de Fevereiro de 2008, um consumidor doméstico de electricidade poderá tornar-se produtor de electricidade. As regras para o efectuar foram definidas no DL 363/2007, publicado a 2 de Novembro, que institui o regime das “Renováveis na Hora”.

O novo regime aplica-se à instalação de produção de electricidade monofásica em baixa tensão com potência até 5,75 kW (Unidades de Grupo I), que utilizem recursos renováveis como energia primária ou que produzam, em cogeração, electricidade e calor.

O diploma vem facilitar o regime de licenciamento existente, substituindo-o por um regime de simples registo, sujeito a inspecção de conformidade técnica. A entrega e análise do projecto foram substituídas pela criação de uma base de dados de elementos-tipo pré-existente que o produtor deve respeitar. Assim, reduz-se o anterior procedimento descrito, com a duração de vários meses, a um registo electrónico.

Quanto à remuneração, foram criados o regime geral e o regime bonificado. O primeiro aplica-se à generalidade das instalações, enquanto que o segundo se aplica apenas às fontes renováveis de energia, cujo acesso é condicionado à existência, no local, de consumo de colectores solares térmico (no caso de produtores individuais) e da realização de auditoria energética e respectivas medidas (no caso de condomínios). A ideia é que os particulares possam instalar sistemas de produção de electricidade a partir de fontes de energia renovável, utilizando a electricidade produzida para o seu auto-consumo e vendendo o excedente para a rede pública. Podem ser instalações solares fotovoltaicas, eólicas, hídricas, caldeiras a biomassa (com geração, ou seja, produção simultânea de calor e electricidade), pilhas de combustível com base em hidrogénio (desde que este esteja produzido através de fontes renováveis) ou combinações das mesmas fontes.

No regime bonificado, o que tem mais interesse para os consumidores é a potência máxima que é possível instalar de 3,68 kW. O preço máximo de venda da electricidade, denominado de referência, é de 650 €/MWh no primeiro ano de aplicação, ou seja, cada kWh produzido pode ser pago a 65 cêntimos, o que corresponde a 6 vezes mais do que o preço a que se compra a electricidade à EDP pela tarifa simples. No entanto, as regras de adesão a este regime e o preço de venda da electricidade variam consoante a energia renovável.

Se se quiser utilizar uma instalação de cogeração a biomassa, o calor produzido deve estar a ser utilizado para o aquecimento do edifício. Neste caso, a tarifa de venda de electricidade é de 30% do valor de referência (0,195 €/kWh).

Se se optarem por outras fontes renováveis, deverão também existir colectores solares térmicos para aquecimento de águas no local de consumo, com um mínimo de 2m^2 de área de colector. Nestes casos, caso se opte por uma instalação solar fotovoltaica, pode vender-se a electricidade ao preço de referência. Caso se trate de uma instalação eólica, apenas se recebe 70% do valor de referência, ou seja, 0,455 €/kWh. Caso se trate de uma instalação hídrica, apenas se recebe 30% do valor de referência, ou seja, 0,195 €/kWh.

Caso se trate de um condomínio, este deve ter realizado uma auditoria energética ao edifício e implementado as medidas de eficiência energética que tenham período de retorno até dois anos.

8.3.2 - Energia da biomassa

A biomassa é a fracção biodegradável de produtos e resíduos da agricultura, da floresta e das indústrias conexas, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos susceptíveis de aproveitamento energético.

Entre os usos tradicionais da biomassa, o mais conhecido é o aproveitamento das lenhas em vivendas unifamiliares. Destaca-se o elevado peso que a biomassa apresenta no balanço energético nacional, representando as lenhas cerca de 36% do consumo de energia final para aquecimento ambiente e produção de águas quentes.

A utilização da biomassa para aquecimento ambiente, motivou o aparecimento de equipamentos modernos, eficientes e versáteis. Existe uma oferta diversificada de modelos de fogões e caldeiras a biomassa, que permitem ajustar-se às necessidades de diferentes utilizadores.

Os “pellets” ou grânulos de combustível formados por resíduos de serrações e do processamento de madeiras, tais como aparas de madeira e serradura, processados de maneira correcta e reduzidos a pequenos grânulos comprimidos, permitem que os equipamentos de aquecimento a biomassa, se vulgarizem em todas as tipologias de edifícios (Figura 8-3). Esta solução é também muito vantajosa do ponto de vista económico na sua utilização em relação a outras formas de energia.

Figura 8-3 - "Pellets" ou grânulos de combustível [41]

Em Portugal, existe um sector industrial em expansão dedicado à produção, preparação e distribuição destes combustíveis nas condições mais adequadas para a sua utilização.

Os recuperadores de calor a "pellets" apresentam elevados rendimentos na produção de calor, dispondo de funcionalidades, como o controlo de temperatura, a alimentação automática, com captação automática das cinzas, ausência de produção de fumos entre outras, colocando-os como uma solução muito atractiva de aquecimento. Para além disso, a biomassa é um combustível mais barato e ecológico que os convencionais.

Uma instalação de aquecimento a biomassa apresenta como vantagens comparativamente com os combustíveis convencionais a maior segurança de utilização, apresentando como desvantagens a necessidade de remoção periódica das cinzas produzidas e de um local de armazenamento para a biomassa.

A biomassa é uma designação genérica que engloba o aproveitamento energético da matéria orgânica, ou seja, dos resíduos provenientes da limpeza das florestas, da agricultura e dos combustíveis resultantes da sua transformação. A energia pode ser obtida através da combustão directa dos materiais ou de uma transformação química ou biológica, de forma a aumentar o poder energético do biocombustível.

Existem vários aproveitamentos deste tipo de combustíveis, dos quais se salientam a combustão directa, o biogás e os biocombustíveis.

8.3.2.1 - Combustão directa

A queima de resíduos florestais e agrícolas produz vapor de água. Este, por sua vez, é canalizado para uma turbina com o objectivo final de produzir electricidade (ex. Central térmica de Mortágua).

8.3.2.2 - Biogás

O biogás é um gás combustível, constituído em média por 60% de metano e 40% de CO_2, que é produzido através de um processo denominado digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos, ou seja, pela utilização de bactérias capazes de decompor os resíduos sem ser necessária a presença de oxigénio. As áreas potenciais principais de produção de biogás são as do sector agro-pecuário, da indústria agro-alimentar, das ETAR municipais e dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e a sua queima pode ser feita em pequenas instalações, para produzir energia eléctrica. Uma vantagem resultante da combustão do biogás é a possibilidade de eliminar o metano, que é um dos gases que contribui para o efeito de estufa.

8.3.2.3 - Biocombustíveis

Englobam-se aqui os ésteres metílicos (biodiesel) e os alcoóis. Através da transformação de certos óleos vegetais, como o de girassol, colza, milho, palma ou amendoim obtém-se um biodiesel que pode ser misturado com o gasóleo e alimentar motores deste tipo. Outra fonte de matéria-prima é a recuperação dos óleos usados em frituras (restauração, cantinas), mediante uma recolha selectiva. Estes óleos podem ser facilmente transformados em biocombustível, tendo como vantagem acrescida a eliminação de uma fonte de poluição.

Nos casos mais comuns e nos projectos-piloto desenvolvidos em Portugal (por ex. autocarros em Évora e Lisboa) tem-se substituído 5% do gasóleo por estes ésteres, sem que os motores percam eficiência. Mas os estudos efectuados revelam que é possível substituir até cerca de 30% o gasóleo. O mesmo tipo de substituição pode ser efectuado na gasolina, mas em menor escala (apenas 5% a 10%) e usando alcoóis em vez de ésteres.

Actualmente, o custo final do litro de biodiesel é muito elevado porque:

a) A produção nacional de girassol e de colza não é suficiente;

b) A produtividade agrícola é muito baixa, devido aos processos de cultivo e ao tipo de solos;

c) O custo da recolha e do transporte da matéria-prima é elevado.

8.3.3 - Energia eólica

A energia eólica é a energia que o vento possui e que pode ser aproveitada para a produção de energia eléctrica.

A conversão da energia em electricidade é feita de um modo muito simples: a energia do vento (energia cinética) faz girar as pás da turbina que por sua vez fazem rodar um eixo (energia mecânica), este eixo põe em funcionamento o gerador, no qual os campos magnéticos convertem a energia rotacional em electricidade.

Existem turbinas de vários tamanhos e de várias potências. As pequenas turbinas com menos de 5 kW podem servir para alimentar edifícios desde que existam condições favoráveis à sua aplicação. A instalação destas máquinas é indicada para vivendas isoladas e que se encontrem em zonas ventosas.

Os sistemas híbridos complementam a energia eólica com a energia fotovoltaica.

Para pequenas instalações de uso doméstico os aerogeradores mais adequados são capazes de produzir de 400 W a 3,2 kW. Para conseguir um bom rendimento é necessário que a localização dos aerogeradores se verifique numa zona ventosa, ou seja, com vento na maioria dos dias do ano e com uma velocidade média anual superior aos 13 km/h.

O vento tem origem nas diferenças de pressão causadas pelo aquecimento diferencial da superfície terrestre, sendo influenciado por efeitos locais, como a orografia e a rugosidade do solo.

Há centenas de anos que a humanidade tenta utilizar a energia do vento. Pequenos moinhos têm servido para tarefas tão diversas como a moagem de cereais, bombear água e, mais recentemente, accionar turbinas para produzir electricidade.

Existem, basicamente, dois tipos de turbinas eólicas modernas:

a) Os sistemas de eixo horizontal são os mais conhecidos. Consistem numa estrutura sólida elevada, tipo torre, com duas ou três pás aerodinâmicas que podem ser orientadas de acordo com a direcção do vento;

b) Os sistemas de eixo vertical são menos comuns, mas apresentam a vantagem de captarem vento de qualquer direcção.

Figura 8-4 – Turbina eólica [17]

Apesar de não ser um dos países mais ventosos da Europa, Portugal tem condições bastante favoráveis ao aproveitamento da energia eólica do que, por exemplo, algumas zonas da Alemanha, onde os projectos se implementam a um ritmo impressionante. Os arquipélagos da Madeira e dos Açores constituem zonas de território nacional onde o potencial eólico é muito elevado. Ainda que Portugal esteja já bem posicionado relativamente a outros países, e de as perspectivas actuais apontarem para um crescimento acentuado neste sector, está ainda muito aquém do seu potencial eólico. Este corresponde a mais de 3500 MW quando, actualmente, apenas se encontram instalados cerca de 200 MW.

Os locais com regime de vento favorável encontram-se em montanhas e em zonas remotas. Daí que coincidam, em geral com zonas servidas por redes eléctricas antigas e com fraca capacidade, dificultando o escoamento da energia produzida. As soluções imediatas para o problema passam pela construção de linhas muito extensas, cujos custos tornam os projectos pouco atractivos.

Existem implicações a nível ambiental que põem em causa a viabilização de alguns projectos, tais como o ruído, o impacto visual e a influência na avifauna.

Qualquer destes aspectos tem conhecido grandes desenvolvimentos. Quer seja através da condução de estudos sistemáticos que mostram serem exagerados os receios anunciados, quer através da consciencialização dos promotores para os cuidados a adoptar, mormente na fase de construção, quer ainda pelas inovações tecnológicas que vão sendo incorporadas (perfis aerodinâmicos mais evoluídos, novos conceitos de regulação, máquinas de maior potência permitindo reduzir o número de unidades a instalar, etc.), a evolução é, claramente, no sentido da crescente compatibilização ambiental da tecnologia. Pelas razões anteriormente referidas, em grande parte dos casos é exigido ao promotor de um parque eólico a realização de um estudo de incidências ambientais, cujo grau de profundidade depende da sensibilidade do local.

Além dos parques eólicos, os aerogeradores existentes em Portugal encontram-se em pequenos sistemas autónomos de produção de energia eléctrica. Estes estão, normalmente, integrados com sistemas fotovoltaicos para fornecer electricidade a habitações, a sistemas de telecomunicações e a sistemas de bombagem de água que se encontrem afastados da rede pública.

Os moinhos eólicos, ou aerogeradores, são basicamente constituídos por (Figura 8-5):

a) Um rotor, ao qual estão acopladas as hélices ou pás (que chegam a medir mais do que 30 metros);

b) Uma torre de suporte, que tem entre 50 a 80 metros de altura;

c) Uma cabina, ou *nacelle*, na qual se encontra o gerador e outros dispositivos.

Além dos componentes principais, os aerogeradores são compostos por um sensor de direcção, o qual tem como funcionalidade girar as hélices no sentido de apanhar o vento pela frente e obter o máximo rendimento. Para que o sensor de direcção funcione correctamente, é necessária a presença de dois dispositivos: um anemómetro e um medidor de direcção de vento, que servem, respectivamente, para medir a velocidade e a direcção do vento.

Já dentro da cabine, é possível encontrar dois eixos (principal e do gerador), existindo entre eles um conjunto de engrenagens a que se dá o nome de multiplicador. O eixo do gerador, tal como o seu nome indica, está acoplado ao gerador, sendo este o componente responsável pela conversão da energia mecânica em energia eléctrica.

Além disso, ainda existe um sistema aerodinâmico, designado por freixo, junto ao eixo principal que tem como função controlar a velocidade de movimento das pás. Em tempo de tempestade o freixo é normalmente accionado, impedindo que as hélices girem a velocidades superiores às ditas "normais".

Por fim, ainda existe um computador no interior de cada cabine, designado por controlador electrónico, responsável pelo funcionamento do gerador, pelo sistema aerodinâmico, entre outros dispositivos.

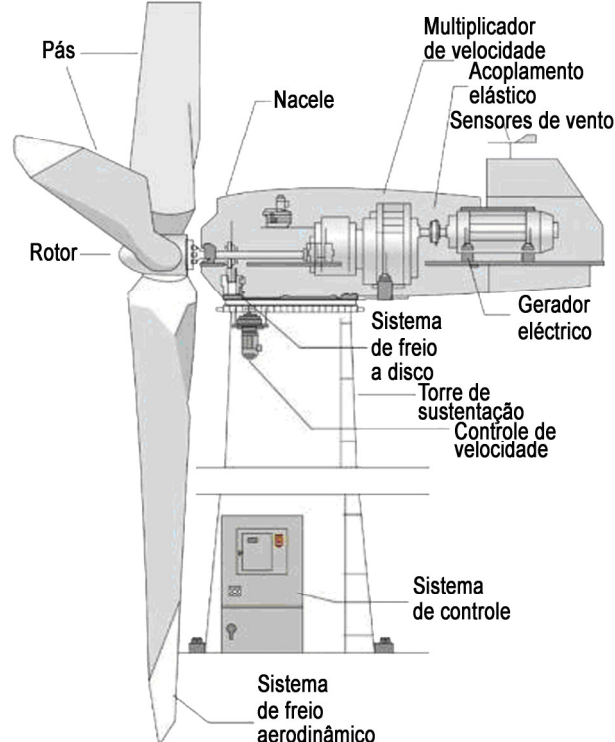



Figura 8-5 – Aerogerador [17]

No Alentejo, no concelho de Ourique, foram electrificadas cinco aldeias, que contam com uma mini-rede de distribuição alimentada por um sistema autónomo de produção de energia eléctrica, o qual é composto por um pequeno grupo de aerogeradores, associado a uma pequena central de painéis fotovoltaicos. Esta rede abrange cerca de 60 habitações.

Uma outra possibilidade de aproveitamento da energia eólica consiste nos parques offshore, instalados ao largo da costa marítima, de modo a tirar partido dos ventos fortes que caracterizam esta zona. Infelizmente, embora Portugal tenha uma ampla costa marítima, não reúne as melhores condições para este tipo de parque eólico, já que o mar é muito profundo a poucos metros da costa, o que dificultaria a implementação dos parques.

8.3.4 - Energia geotérmica

Caracteriza-se por ser a energia térmica proveniente do interior da Terra. Os vulcões, as fontes termais e as fumarolas (por ex. nos Açores) são manifestações conhecidas desta fonte de energia.

Actualmente, é utilizada em estações termais para fins medicinais e de lazer, mas também pode ser utilizada no aquecimento ambiente e de águas sanitárias, bem como, estufas e instalações industriais.

Numa central de energia geotérmica, tira-se partido do calor existente nas camadas interiores da Terra, para produzir o vapor que vai accionar a turbina. Na prática, são criados canais suficientemente profundos para aproveitar o aumento da temperatura, e injecta-se-lhes água. Esta, por sua vez, transforma-se em vapor (que é submetido a um processo de purificação antes de ser utilizado) e volta à superfície, onde é canalizada para a turbina.

Em Portugal, existem alguns exemplos de aproveitamento deste tipo de energia. É o caso da central geotérmica da Ribeira Grande, no arquipélago dos Açores, que produz energia eléctrica com potencial para garantir, na sua fase final, o fornecimento de 50 a 60% das necessidades de energia eléctrica da ilha de São Miguel (actualmente já assegura cerca de 29%).

As principais vantagens desta fonte de energia são o facto de não ser poluente e das centrais não necessitarem de muito espaço, de forma que o impacto ambiental é bastante reduzido. Ainda que apresente também alguns inconvenientes, como por exemplo, o facto de não existirem muitos locais onde seja viável a instalação de uma central geotérmica, dado que é necessário um determinado tipo de solo, bem como a disponibilidade de temperatura elevada no local até onde seja possível perfurar; ao perfurar as camadas mais profundas, é possível que sejam libertados gases e minerais perigosos, o que pode pôr em causa a segurança das pessoas que vivem e trabalham perto desse local.

Figura 8-6 – Libertação de gases durante a perfuração de camadas mais profundas [17]

8.3.5 - Energia hídrica

O aproveitamento dos cursos de água, para a produção de energia eléctrica, é o melhor exemplo de sucesso de utilização de energias renováveis em Portugal.

No decorrer do século XX, a produção de hidroelectricidade foi efectuada principalmente através da construção de barragens de grande ou média capacidade. O princípio de funcionamento destas centrais é muito simples. Consiste em converter a energia mecânica existente num curso de água, como um rio, em energia eléctrica, que pode ser transportada em grandes distâncias e finalmente usada nas habitações. Para aumentar o potencial do curso de água, constroem-se barragens, cujo propósito é reter a maior quantidade de água possível e criar um desnível acentuado.

Recentemente, a energia da água tem sido aproveitada por mini ou micro hídricas. Estas são pequenos açudes ou barragens, que desviam uma parte do caudal do rio devolvendo-o num local desnivelado (onde estão instaladas turbinas), e produzindo, assim, electricidade.

Actualmente, uma parte significativa da energia eléctrica consumida em Portugal tem origem hídrica. No entanto, é preciso não esquecer que a produção deste tipo de energia está directamente dependente da chuva. Quando a precipitação é mais abundante, a contribuição destas centrais atinge os 40%. Pelo contrário, nos anos mais secos, apenas 20% da energia total consumida provém dos recursos hídricos.

8.3.6 - Energia dos oceanos

O potencial de energia das marés e das ondas aguarda por avanços técnicos e tecnológicos que permitam uma maior aplicação. Ambas podem ser convertidas em energia eléctrica, usando diferentes tecnologias.

As zonas costeiras portuguesas (em especial a costa ocidental do continente e as ilhas dos Açores) têm condições naturais muito favoráveis para o aproveitamento da energia das ondas. Infelizmente, as tecnologias de conversão desta energia estão ainda em fase de desenvolvimento. Apesar deste facto, Portugal é um dos países pioneiros, com duas centrais de aproveitamento da energia das ondas, uma delas na ilha do Pico (junto à costa) e a outra em Castelo de Neiva (no mar).

Numa central de aproveitamento da energia das ondas, tira-se partido do movimento oscilatório das mesmas. Tal é conseguido criando câmaras ou colunas em zonas costeiras. Essas câmaras estão, parcialmente, cheias de água, e têm um canal aberto para o exterior por onde entra e sai ar. Quando a onda se aproxima, a água que está dentro da câmara sobe, empurrando o ar para fora, através do canal. Quando a onda desce, dá-se o movimento contrário. No canal de comunicação de entrada e saída do ar existe uma turbina que se move, consoante o movimento do ar na câmara. Tal como nos outros casos, a turbina está ligada ao gerador eléctrico, produzindo electricidade.

Outra forma de aproveitar a energia dos oceanos é tirando partido do movimento constante das marés. As centrais de aproveitamento da energia das marés funcionam de forma semelhante às barragens hidroeléctricas. De tal forma, que implicam a construção de grandes barragens, atravessando um rio ou um estuário. Quando a maré entra ou sai da foz do rio, a água passa através de túneis abertos na barragem. As turbinas, colocadas nesses túneis, movimentam-se consoante as idas e vindas das marés. Refira-se que, ao largo de Viana do Castelo, existe uma barragem que aproveita a energia das marés.

No entanto, saliente-se que a implementação de ambas as centrais é bastante complicada. No caso do aproveitamento da energia das ondas, é necessário escolher locais onde estas sejam continuamente altas, o que significa que a central tem de suportar condições adversas e muito rigorosas. No caso das marés, as barragens também têm de ser bastante resistentes. Além de que, ocuparão uma área maior do que no caso das ondas, o que tem implicações ambientais associadas, por exemplo, à renovação dos leitos dos rios.

8.4 - Conclusões

A integração de energias renováveis nos edifícios é um desafio para o qual o objectivo é conceber um edifício eficiente que permita a incorporação de um sistema que capte a energia e a transforme numa fonte de energia que seja útil para o edifício. Na realidade a colocação de, por exemplo, painéis solares na cobertura do edifício não é por si só uma medida eficiente de energia, pois se não tivermos em conta a eficiência do edifício esta pode nem ser suficiente para comportar a energia, por exemplo, da iluminação quanto mais do resto dos sistemas. Daí a

importância da integração dos sistemas de energias renováveis em edifícios eficientemente energéticos que até esse ponto esgotaram todas as possíveis estratégias de design passivo na sua concepção ou que na sua reabilitação foram tidas em conta medidas de reabilitação energética e de eficiência energética.

O incentivo à utilização de energias renováveis e o grande interesse que este assunto levantou nestes últimos anos deve-se principalmente à consciencialização da possível escassez dos recursos fósseis (como o petróleo) e da necessidade de redução das emissões de gases nocivos para a atmosfera, os GEE (Gases de efeito de estufa). Este interesse deve-se em parte aos objectivos da União Europeia, do Protocolo de Quioto e das preocupações com as alterações climáticas.

A utilização das energias renováveis, como por exemplo os painéis solares térmicos e fotovoltaicos, para a produção de calor e de energia eléctrica a partir do aproveitamento da energia solar, é uma forma para a qual Portugal dispõe de recursos de grande abundância, comparando a disponibilidade de horas de Sol por ano com outros países da União Europeia. No entanto, estes devem ser tidos como complementos à arquitectura dos edifícios que não devem descurar o aproveitamento de estratégias de design passivo, como o uso da orientação solar, da ventilação natural, da inércia térmica e do sombreamento, entre outras. Estas estratégias são uma solução bastante vantajosa devido às condições climatéricas favoráveis para a obtenção de uma maior sustentabilidade nos edifícios em Portugal.

A promoção da eficiência energética e a utilização de energias renováveis em edifícios tem sido feita pela revisão e aplicação de Regulamentos, como o RCCTE e o RSECE, e pela aprovação da criação de um Sistema de Certificação Energética, visando a redução dos consumos de energia e correspondentes emissões de CO_2. O sector dos edifícios nos consumos médios anuais de energia em Portugal representa, de acordo com dados do início da década de 2000 da DGE, cerca de 22% do consumo em energia final do país, onde nas grandes cidades este número sobe para 36%. Estes números têm vindo a aumentar cerca de 3,7% no sector residencial e 7,1% no sector dos serviços.

A energia eléctrica é uma forma de energia secundária não existindo na natureza sob a forma em que é geralmente utilizada. Nos últimos anos tem-se assistido a um forte aumento na produção de energia eléctrica.

A pressão económico-ambiental, a que se tem assistido nas últimas duas décadas, tem levado a um incremento da chamada produção de energia eléctrica descentralizada. Esta produção assenta em pequenas unidades, de reduzida potência instalada, distribuídas em função dos recursos existentes. Na grande maioria das situações a produção descentralizada faz uso das chamadas energias renováveis (mini-hídrica, solar, eólica, geotérmica, oceanos, biomassa, etc), sendo da responsabilidade de operadores independentes ou mesmo de consumidores finais.

Todos os estudos actuais apontam para um desenvolvimento sustentado da produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis. Para tal contribuem vários factores, como sejam a forte pressão ambiental, o aumento da eficiência das pequenas unidades produtoras, a diminuição do custo da produção de energia, a penalização da emissão de gases poluentes, entre outros.

Além de todos estes factores, a taxa de crescimento prevista para a procura de energia eléctrica aliada aos custos económico-ambientais associados a uma produção convencional, tornam o contributo das energias renováveis para a produção de energia eléctrica irreversível.

Segundo dados da Agência Internacional de Energia prevê-se que até 2030 o crescimento da procura de energia eléctrica cresça 119% no sector residencial, 97% nos serviços e 86% na indústria. O consumo mundial total de energia eléctrica será em 2010 de 1436MTep (17% de toda a energia consumida) e em 2030 de 2263MTep (20% de toda a energia consumida).

A produção de energia eléctrica está geralmente associada às grandes centrais de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), e às grandes centrais hídricas.

No que se refere à utilização mundial de recursos renováveis para a produção de energia eléctrica, estes são actualmente liderados pelos recursos hídricos (90% da energia eléctrica obtida a partir de recursos renováveis é de origem hídrica), sendo que a Agência Internacional de Energia prevê que este valor baixe para 70% em 2030. Esta diminuição é conseguida à custa do aumento percentual da obtenção de energia eléctrica a partir de outras fontes renováveis (a biomassa passa de 7% para 10%, a eólica de 2% para 15%, a geotermia de 2% para 3%, a fotovoltaica atinge os 2% e a energia dos oceanos 1%).

Capítulo 9 - Caso de Estudo

9.1 - Introdução

Com a transposição da directiva 2002/91/CE, torna-se possível comparar o desempenho energético de edifícios em diferentes Estados Membros da Europa, com base em parâmetros mutuamente estabelecidos [21].

Para cumprir os requisitos energéticos, os requisitos mínimos, a qualidade do ar e a classe energética, torna-se relevante uma análise integrada das soluções tanto de arquitectura, como dos equipamentos.

Nos edifícios, existem diversas soluções, que conduzem a diferentes desempenhos energéticos. No entanto, não é obrigatório necessariamente que a uma factura energética baixa corresponda uma boa classificação energética.

O caso de estudo surge com o intuito de aumentar a informação que se encontra ao dispor do "utente ou dono-de-obra", bem como o seu poder de escolha, pela situação que considere mais adequada, tendo como base uma análise credível do ponto de vista técnico. A classificação energética, a taxa de emissão de CO_2 e a factura energética são os parâmetros que tornam possível ao "utente ou dono-de-obra" comparar o desempenho energético dos edifícios. Os preços dos equipamentos, incluindo todos os acessórios e instalação em obra, os custos anuais de manutenção, as vantagens e desvantagens dos sistemas e requisitos de operação desses sistemas também são elementos importantes para a escolha dos mesmos.

9.2 - Objectivos do estudo

O caso de estudo tem como objectivos principais analisar o impacto das diversas variantes dos sistemas de climatização, tanto de aquecimento como de arrefecimento e dos sistemas convencionais de AQS na classificação energética, taxa de emissão de CO_2 e factura energética.

Durante o estudo realizado, apenas foi alterado o sistema convencional, não tendo sido alterados os colectores solares. Todos os parâmetros restantes, tais como a localização, a orientação, as soluções arquitectónicas e a taxa de renovação do ar foram mantidos como constantes.

Para a escolha dos equipamentos, foram tidos em conta os seguintes factores: a eficiência de conversão do sistema térmico a 30% da carga nominal, o COP, EER e a potência nominal para os sistemas de climatização.

Foi efectuada uma consulta de mercado com o objectivo de obter os preços dos equipamentos, incluindo neles todos os acessórios e instalação em obra dos referidos sistemas.

9.3 - Metodologia adoptada

A metodologia adoptada traduziu-se na implementação das seguintes etapas:

a) ETAPA 1 - Selecção e caracterização geral do edifício (fracção autónoma em estudo);

b) ETAPA 2 - Selecção das variantes dos sistemas de climatização e AQS a analisar, sua descrição, parâmetros relevantes e premissas assumidas;

c) ETAPA 3 - Definição dos parâmetros a analisar, premissas assumidas e resultados obtidos com a sua aplicação no caso de estudo.

De seguida descreve-se com maior detalhe cada uma das três etapas referidas.

Na ETAPA 1, a selecção do edifício em estudo recaiu sobre uma moradia unifamiliar, que aquando do início da dissertação se encontrava em fase de construção. A construção da moradia em causa foi acompanhada em todas as suas fases, apresentando excepcionais condições de isolamento térmico na envolvente e sistemas de climatização de elevado desempenho, conducentes a uma classe energética A+. Nesta medida, o edifício em causa apresentava-se como uma solução ideal para avaliar o impacto dos sistemas de climatização (aquecimento e arrefecimento) e dos convencionais para AQS na classe energética e na facturação energética. Nesta fase, optou-se por não intervir no sistema de aproveitamento de energias renováveis, que incorporava colectores solares. Na secção 9.4 será apresentada uma descrição detalhada do edifício em estudo.

Na ETAPA 2 seleccionaram-se as variantes dos sistemas de climatização e AQS a analisar. A opção deveria recair nos sistemas mais utilizados nos edifícios de habitação unifamiliar. As variantes seleccionadas foram:

a) Sistema padrão (Solução 1);

b) Bombas de calor para aquecimento e arrefecimento e caldeira para AQS (Solução 2);

c) Bombas de calor para aquecimento e arrefecimento e termoacumulador eléctrico para AQS (Solução 3);

d) Bombas de calor para aquecimento e arrefecimento e bombas de calor para AQS (Solução 4);

e) Caldeira mural a gás butano para aquecimento e AQS instantânea (Solução 5);

f) Caldeira mural a gás natural para aquecimento e AQS instantânea (Solução 6);

g) Caldeira mural de condensação a gás natural para aquecimento e AQS instantânea (Solução 7);

h) Caldeira de chão a diesel com acumulação para aquecimento e AQS por acumulação (Solução 8);

i) Caldeira a biomassa para aquecimento e caldeira mural a gás natural para AQS (Solução 9);

j) Caldeira a biomassa para aquecimento e AQS com acumulação (Solução 10).

A descrição dos sistemas será apresentada em detalhe na secção 9.5. O sistema padrão (solução 1) corresponde, neste estudo, à solução mais desfavorável que pode traduzir-se em princípio, pela situação em que nenhum dos sistemas é descrito ou preconizado em projecto. Nesta medida, adoptam-se as seguintes condições para o sistema padrão:

a) **Aquecimento**: De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de resistências eléctricas (radiadores eléctricos) distribuídas por todos os compartimentos principais da habitação (sala, cozinha e quartos). A eficiência de conversão adoptada foi de 1,0, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

b) **Arrefecimento:** De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de uma máquina frigorífica. A eficiência de conversão adoptada foi de EER de 3, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

c) **Sistema de apoio convencional para AQS**: o edifício tem abastecimento de gás natural, tendo sido utilizado um esquentador a gás natural com 23,6 kW de potência nominal e eficiência de 0,50 a 30% de carga nominal.

Nas restantes soluções adoptadas, sempre que o sistema de climatização para arrefecimento não foi especificado em projecto ou não existia, adoptou-se o valor preconizado por defeito no nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumindo-se, para efeitos de cálculo uma máquina frigorífica com EER de 3.

A existência "potencial" dessa máquina frigorífica foi contabilizada no cálculo da factura energética. Relativamente ao custo do equipamento, optou-se por lhe atribuir um valor estimado em 400 euros (sem IVA), contabilizando apenas um equipamento mono-split.

Ainda na ETAPA 2, foi necessário efectuar uma consulta de mercado com o objectivo de obter os preços dos equipamentos, incluindo neles todos os acessórios e instalação em obra. Por existirem diferentes fornecedores, optou-se por utilizar preferencialmente, os preços base da mesma empresa, com o intuito de estabelecer, em termos relativos, uma comparação menos susceptível

às margens de lucro. Todos os preços são apresentados sem IVA e incluem equipamentos, acessórios e instalação.

Em cada um dos equipamentos seleccionados, a informação relevante a recolher incluía, para além dos preços, a eficiência de conversão a 30% da carga nominal, ou o COP, ou o EER. Outro parâmetro relevante para o estudo foi a potência dos equipamentos, em especial os de climatização, que não deveriam ultrapassar a potência de 25 kWh, quer para aquecimento, quer para arrefecimento, nos termos do RCCTE. Relativamente aos sistemas exclusivamente para AQS, não existe limite quanto à potência a instalar, tendo-se optado nestes casos por equipamentos de maior eficiência, em detrimento da potência. Quando os sistemas para AQS serviam também para climatização (aquecimento), sem serviços diferenciados, houve a preocupação de não ultrapassar a potência de 25 kWh.

No caso de existirem 2 serviços diferenciados (climatização e AQS), a potência para climatização não ultrapassou os 25 kWh.

O número 2 do Artigo 18º do RCCTE apresenta valores indicativos para estimar a eficiência nominal de sistemas de aquecimento (η_i) e de arrefecimento (η_v), a adoptar na falta de dados precisos referentes aos equipamentos especificados em projecto. Tais valores indicativos são ilustrados no Quadro 9-1.

Quadro 9-1 - Eficiência de equipamentos [11]

Tipo de equipamento	Eficiência nominal
Resistência eléctrica	1
Caldeira a combustível gasoso	0,87
Caldeira a combustível líquido	0,80
Caldeira a combustível sólido	0,60
Bomba de calor (aquecimento)	4
Bomba de calor (arrefecimento)	3
Máquina frigorífica (ciclo de compressão)	3
Máquina frigorífica (ciclo de absorção)	0,80

Se o projecto do edifício não especificar os sistemas de aquecimento, de arrefecimento ou de preparação de AQS previsto, admite-se a existência, por defeito, de acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, dos seguintes equipamentos:

a) O sistema de aquecimento utilizado no Inverno é composto por resistências eléctricas;

b) O sistema de arrefecimento no Verão é composto por uma máquina frigorífica com eficiência "COP" de 3;

c) O sistema de produção de AQS é um termoacumulador eléctrico com 50 mm de isolamento térmico em edifícios sem abastecimento de gás, ou um esquentador a gás natural ou GPL quando estiver previsto abastecimento.

A eficiência de conversão de sistemas convencionais de preparação de AQS (η_a) previstos no projecto do edifício ou fracção autónoma, deve ser definida pelo respectivo fabricante com base em ensaios normalizados, podendo ser utilizados, na ausência de informação mais precisa, os valores de referência indicados no Quadro 9-2, definidos nos termos do número 3 do Anexo VI do RCCTE.

Caso o sistema convencional de preparação de AQS não esteja definido no projecto do edifício, admite-se, por defeito, o uso dos seguintes equipamentos:

a) Em edifícios sem abastecimento de gás: Termoacumulador eléctrico com 50 mm de isolamento térmico ($\eta_a = 0{,}90$). Se as redes de distribuição de água quente internas à fracção autónoma não forem isoladas com pelo menos 10 mm de isolante térmico (ou resistência térmica equivalente da tubagem respectiva), considera-se ($\eta_a = 0{,}80$);

b) Em edifícios com abastecimento de gás natural ou GPL: Esquentador a gás ($\eta_a = 0{,}50$). Se as redes de distribuição de água quente internas não forem isoladas com pelo menos 10 mm de isolamento térmico (ou resistência térmica equivalente da tubagem respectiva), considera-se ($\eta_a = 0{,}40$).

Quadro 9-2 - Eficiência de conversão de sistemas convencionais de preparação de AQS [11]

Tipo de sistema de preparação de AQS	Eficiência de conversão [(1)] (η_a)
Termoacumulador eléctrico com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,95
Termoacumulador eléctrico com 50 mm a 100 mm de isolamento térmico	0,90
Termoacumulador eléctrico com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,80
Termoacumulador a gás com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,80
Termoacumulador de gás com 50 mm a 100 mm de isolamento térmico	0,75
Termoacumulador a gás com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,70
Caldeira mural com acumulação com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,87
Caldeira mural com acumulação com 50 mm a 100 mm de isolamento térmico	0,82
Caldeira mural com acumulação com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,65
Esquentador a gás	0,50
(1) Os valores devem ser diminuídos de 0,10 se as redes de distribuição de água quente internas à fracção autónoma não forem isoladas com pelo menos 10 mm de isolante térmico (ou resistência térmica equivalente da tubagem respectiva).	

Na ETAPA 2 tentou-se ainda recolher elementos relativamente aos custos anuais de manutenção, vantagens e desvantagens dos sistemas e requisitos de operação desses sistemas, que complementados com a revisão bibliográfica efectuada nos capítulos precedentes, permitisse disponibilizar de forma reduzida essa informação na fase de análise comparativa das soluções, como factor de decisão importante.

Na ETAPA 3 definiram-se os parâmetros a analisar no caso de estudo, tendo como intenção incluir um conjunto relevante de dados que permitisse "colocar nas mão do potencial" utente ou dono de obra, a tarefa de decidir conscientemente pela situação que considerasse mais adequada, tendo por base uma análise credível do ponto de vista técnico.

Os elementos seleccionados foram os seguintes:

a) Classificação energética;

b) Taxa de emissão de CO_2;

c) Factura energética.

Importa referir que para a quantificação dos parâmetros listados, foi necessário efectuar o cálculo detalhado do comportamento térmico do edifício nos termos do RCCTE. De acordo com o RCCTE, os consumos energéticos são calculados para a manutenção das condições internas de comportamento térmico de referência (Artigo 14º do RCCTE). Nesta medida, os valores apresentados devem ser sempre encarados como valores de consumo potencial e para o padrão de consumo definido no RCCTE. Na secção 9.6 serão apresentados os valores obtidos para cada uma das variantes dos sistemas.

De acordo com o artigo 3.º do Despacho n.º 10250/2008 de 8 de Abril, a classe energética para edifícios ou fracções de edifícios que sejam objecto de DCR ou CE do tipo A (RCCTE) é calculada a partir da Equação 9.1:

$$R = \frac{N_{tc}}{N_t} \qquad \textbf{(Equação 9.1)}$$

Onde:

- N_{tc} é o valor das necessidades nominais anuais globais de energia primária da fracção autónoma, em kgep/m^2.ano;

- N_t é o valor máximo admissível das necessidades nominais anuais globais de energia primária da fracção autónoma.

No caso de novos edifícios ou fracções de novos edifícios que sejam objecto de DCR ou CE do tipo A (RCCTE), o valor de Ntc é determinado de acordo o Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril, não

podendo, por isso, o valor de R ser superior a 1. Para estes casos, os valores de Nt são determinados de acordo com o artigo 15º do mesmo Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril.

Para o caso de edifícios existentes ou fracções de edifícios existentes no âmbito do SCE que sejam objecto de emissão de um CE do tipo A (RCCTE), a determinação do valor de N_{tc} que irá definir a respectiva classificação energética poderá ser efectuada de acordo com o Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril ou, por opção do respectivo perito qualificado e nos casos em que seja aplicável, de acordo com as simplificações estabelecidas na nota técnica da ADENE. Nestes casos, o cálculo de N_t, será efectuado de acordo com o artigo 15º do mesmo Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril, tendo em conta eventuais adaptações ou simplificações previstas na nota técnica ou informativa acima mencionada.

A escala de classificação energética de edifícios ou fracções autónomas de edifícios será composta por 9 classes, em coerência com o previsto na norma EN 15217. Na Figura 9-1 apresentam-se as cores correspondentes às classes energéticas.

Para edifícios novos de habitação e grandes reabilitações, as classes energéticas variam entre A+ e B-, de acordo com os valores de R apresentados no Quadro 9-3. Os edifícios existentes poderão ter qualquer classe desde A+ até G.

Quadro 9-3 – Classes energéticas [11]

<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>Classe Energética</th><th>Valor de R</th></tr>
<tr><td rowspan="9">EXISTENTES</td><td rowspan="4">NOVOS</td><td>A+</td><td>R ≤ 0,25</td></tr>
<tr><td>A</td><td>0,25 < R ≤ 0,50</td></tr>
<tr><td>B</td><td>0,50 < R ≤ 0,75</td></tr>
<tr><td>B-</td><td>0,75 < R ≤ 1,00</td></tr>
<tr><td rowspan="5"></td><td>C</td><td>1,00 < R ≤ 1,50</td></tr>
<tr><td>D</td><td>1,50 < R ≤ 2,00</td></tr>
<tr><td>E</td><td>2,00 < R ≤ 2,50</td></tr>
<tr><td>F</td><td>2,50 < R ≤ 3,00</td></tr>
<tr><td>G</td><td>R > 3,00</td></tr>
</table>

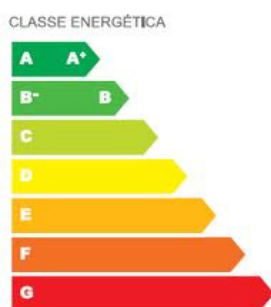



Figura 9-1 - Cores correspondentes às classes energéticas [11]

A taxa de emissão de CO_2 calculada através da Equação 9.2 foi determinada através da multiplicação do valor das necessidades nominais globais de energia primária pela área útil de pavimento e pelo parâmetro 0,0012, que corresponde à taxa de conversão: 0,0012 ton CO_2/kgep (CO_2/quilogramas equivalente de petróleo):

$$\text{Emissões de } CO_2 = Ntc \times Ap \times 0{,}0012, \text{ expresso em [ton } CO_2\text{/ano]} \qquad \textbf{(Equação 9.2)}$$

Onde:

- A_p é a área útil de pavimento, em [m^2];

- N_{tc} é o valor das necessidades nominais globais de energia primária, em kgep/m^2.ano;

- O parâmetro 0,0012 corresponde à taxa de conversão: 0,0012 ton CO_2/kgep.

A factura energética foi quantificada a partir dos seguintes parâmetros prévios:

a) Desagregação das necessidades nominais de energia útil em:

- Necessidades nominais de energia útil para aquecimento N_{ic} [kWh/m^2.ano];

- Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento N_{vc} [kWh/m^2.ano];

- Necessidades nominais de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias N_{ac} [kWh/m^2.ano].

b) Área útil, pé direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior, onde se encontram os respectivos valores:

- Área útil de pavimento A_p [m^2];

- Pé-direito médio ponderado P_d [m];

- Taxa horária de renovação do ar interior R_{ph}.

c) Indicadores de desempenho, estando referenciados os seguintes valores:

- Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS N_{tc} [kWh/m^2.ano] e respectivo valor limite máximo regulamentar;

- Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS, calculadas através da Equação 9.3:

$$N_{tc} \times A_p \times 0{,}0012 \ \text{[toneladas de CO2 equivalentes por ano]} \qquad \textbf{(Equação 9.3)}$$

- Parâmetro para avaliação da classe energética, calculado através da Equação 9.1.

Na factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento), encontram-se descriminados os seguintes parâmetros:

a) Sistema e respectivos tipos de combustível e eficiência de conversão;

b) Necessidades anuais de energia útil, calculadas através da Equação 9.4:

$$N_{ic} \times A_p \text{ [kWh/ano]} \qquad \textbf{(Equação 9.4)}$$

c) Factura energética para aquecimento, calculada através da Equação 9.5:

$$\frac{N_{ic} \times A_p \times \textit{Factor de conversão de energia}}{\textit{Eficiência de conversão}} \text{ [€/ano]} \qquad \textbf{(Equação 9.5)}$$

Na factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento), encontram-se descriminados os seguintes parâmetros:

a) Sistema e respectivos tipos de combustível e eficiência de conversão;

b) Necessidades anuais de energia útil, calculadas através da Equação 9.6:

$$N_{vc} \times A_p \text{ [kWh/ano]} \qquad \textbf{(Equação 9.6)}$$

c) Factura energética para aquecimento, calculada através da Equação 9.7:

$$\frac{N_{vc} \times A_p \times \textit{Factor de conversão de energia}}{\textit{Eficiência de conversão}} \text{ [€/ano]} \qquad \textbf{(Equação 9.7)}$$

Na factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS), encontram-se descriminados os seguintes parâmetros:

a) Descrição do sistema e respectivos tipos de combustível e eficiência de conversão;

b) Necessidades anuais de energia, calculadas através da Equação 9.8:

$$N_{ac} \times A_p \text{ [kWh/ano]} \qquad \textbf{(Equação 9.8);}$$

c) Factura energética para aquecimento, calculada através da Equação 9.9:

$$N_{vc} \times A_p \times \textit{Factor de conversão de energia} \text{ [€/ano]} \qquad \textbf{(Equação 9.9);}$$

A factura energética total anual para climatização e preparação de AQS resulta da soma das facturas energéticas para aquecimento, arrefecimento e para AQS [€/ano]

A factura energética total mensal para climatização e preparação de AQS resulta da divisão do valor da factura energética total anual pelo número de meses de um ano (12) [€/mês].

9.4 - Descrição geral do edifício em estudo

No âmbito do presente trabalho, seleccionou-se uma fracção autónoma para habitação, constituída por uma moradia unifamiliar isolada de tipologia T5 (4 quartos e 1 escritório), recentemente concluída no concelho da Covilhã (Figura 9-2) e que foi alvo de DCR e CE.

A moradia em análise possui uma área útil de pavimento de 229,75 m^2 e pé-direito médio ponderado de 2,59 m, com dois pisos acima da cota da soleira e cave parcialmente enterrada com acesso pelo exterior. O rés-do-chão inclui a sala, cozinha, despensa, escritório, I.S., circulações interiores e caixa de escada com acesso à cave e ao 1.º andar. O 1.º andar inclui quatro quartos, duas I.S., um roupeiro e circulações interiores. A cave inclui uma zona de garagem, uma divisão para arrumos e uma casa de máquinas, e é fisicamente separada da caixa de escadas. O edifício localiza-se no concelho da Covilhã, freguesia da Conceição, na periferia da zona urbana, a uma altitude de 490 m (zona climática I3-V2N), com obstruções aos ganhos solares em toda a envolvente, em resultado de construções (moradias de 2 pisos) existentes ou previstas para o loteamento.

A inércia térmica é forte e as soluções de isolamento térmico incluem, em todas as fachadas, paredes duplas de alvenaria de tijolo com isolante ocupando parcialmente a caixa-de-ar. A cobertura é inclinada, com placas tipo "sandwich" de cor clara, formada por um desvão fracamente ventilado, não acessível, com isolante térmico sobre a laje de esteira. Os vãos envidraçados são simples, de caixilharia metálica com corte térmico, de classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo de baixa emissividade (colorido na massa de 6 mm + lâmina de ar de 16 mm + incolor de 5 mm), com protecção exterior com persianas de lâminas metálicas de cor clara (caixa de estore exterior), à excepção de dois vãos situados a Norte e quatro vãos localizados no alçado principal (Oeste), que não possuem protecção exterior.

Quanto aos parâmetros do sistema de aproveitamento de energias renováveis foi instalado um sistema solar térmico individual de circulação forçada, composto por 3 colectores solares planos TiSUN FM-S, ou equivalente, perfazendo uma área total de 7,1 m^2, instalado na cobertura inclinada com azimute de 0º e inclinação de 35º, não existindo obstruções assinaláveis no horizonte. O depósito de acumulação possui 500 litros de capacidade com permutador de calor em serpentina, com eficácia de 55%, localizado no interior da fracção e instalado na posição vertical, construído em aço vitrificado e possuindo isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano com espessura de 50 mm. A contribuição anual dos colectores solares foi calculada com recurso ao programa Solterm do INETI, tendo obtido um E_{solar} = 3804 kWh. Os colectores são certificados pela CERTIF ou *Solar keymark* e foram instalados por instaladores credenciados pela DGEG e com garantia de manutenção e pleno funcionamento de pelo menos 6 anos após instalação.

As soluções adoptadas para o sistema de climatização (aquecimento e arrefecimento) e para o sistema convencional para produção de AQS serão descritas no item seguinte, com diversas variantes.

Os pormenores da memória descritiva, as fichas de licenciamento, bem como a definição da envolvente do edifício encontram-se nos Anexos.

Figura 9-2 - Fracção autónoma para habitação utilizada no caso de estudo

9.5 - Variantes dos sistemas de climatização e AQS a analisar

9.5.1 - Sistema padrão (S1)

A solução padrão inclui as soluções a seguir descritas e assumidas no Quadro 9-4:

a) **Aquecimento**: De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de resistências eléctricas (radiadores eléctricos) distribuídos por todos os compartimentos principais da habitação (sala, cozinha e quartos). A eficiência de conversão adoptada foi de 1,0, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

b) **Arrefecimento:** De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de uma máquina frigorífica. A eficiência de conversão adoptada foi de EER de 3, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

c) **Sistema de apoio convencional para AQS**: o edifício tem abastecimento de gás natural, tendo sido utilizado um esquentador a gás natural com 23,6 kW de potência nominal e uma eficiência de 0,50 a 30% de carga nominal, fornecida pelo Quadro 9.2 do RCCTE.

Quadro 9-4 - Preços de aquisição e de instalação do sistema padrão (S1)

	Sistema Padrão (S1)	**Preços s/ IVA (€)**	**Eficiência a 30% da c. n.**	**Potência (kW)**
Aquecimento	Resistências eléctricas	200	1*	≤ 25 *
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25 *
Sistema de apoio convencional para AQS	Esquentador a gás natural	180	0,50*	---
*RCCTE	**Preço total s/ IVA (€)**	780		

9.5.2 - Bombas de calor para aquecimento e arrefecimento e caldeira para AQS (S2)

Para esta solução propõem-se os equipamentos a seguir descritos, resumidos no Quadro 9-5:

a) **Aquecimento/arrefecimento**: Sistema de multi-split (Flexi-multi DC inverter da Sanyo), tipo bomba de calor eléctrica, de elevada eficiência energética, com compressor de duplo rotor e refrigerante R410A. Este sistema é composto por duas unidades exteriores iguais, SAP-CMRV 3146EH, localizadas na cobertura. A potência térmica instalada é de 16,0 kW (8+8) em modo de arrefecimento e de 18,8 kW (9,4+9,4) em modo de aquecimento.

A potência eléctrica absorvida é de 3450 W (1725+1725 W) em modo de arrefecimento e de 4080 W (2040+2040 W) em modo de aquecimento. O desempenho energético em modo de arrefecimento (EER) é de 4,64 e em modo de aquecimento (COP) é de 4,61.

A climatização dos espaços interiores é obtida por oito unidades interiores, do tipo mural, instaladas nas divisões principais da fracção autónoma: sala de estar (unidade SAP-KRV 126 EHDS – capacidade nominal de arrefecimento/aquecimento 3,5/4,8 kW); cozinha, escritório, quartos e hall (unidade SAP-KRV 96 EHDS - capacidade nominal de arrefecimento/aquecimento 2,65/3,6 kW). Todas as unidades interiores possuem comandos autónomos, que incorporam também sondas de temperatura, que permitem o controlo da temperatura e da velocidade de recirculação do ar na divisão onde estão localizados. O nível de pressão sonora produzida por estas unidades situa-se entre 22 e 41 dB, dependendo da velocidade seleccionada para recirculação do ar;

b) **Sistema de apoio convencional para AQS**: O sistema convencional de apoio para preparação de AQS consiste numa caldeira mural a gás natural da marca Vulcano (Gama Sensor Estanque WTD 24 AME). Este sistema possui acendimento automático, câmara de combustão estanque com pré-mistura de gás e ar para optimização da queima, controlo termostático (através de duas sondas de temperatura). Permite a regulação da temperatura da água grau a grau entre 35ºC e 60 ºC, e apresenta regulação automática do caudal de água quente através de um fluxóstato para detecção do caudal de água solicitado. Esta caldeira termostática funciona com água pré-aquecida proveniente do sistema solar térmico. Se esta temperatura for superior à definida pelo utilizador, a caldeira termostática não entra em funcionamento e no display digital aparece o símbolo de funcionamento em modo solar. Se a temperatura for inferior à definida pelo utilizador, a caldeira adapta o consumo de gás à temperatura seleccionada no display. Esta caldeira apresenta uma potência de 42 kW com uma eficiência de 95,0% a 30% da carga nominal. A tubagem de distribuição de AQS está isolada com espuma elastomérica à base de borracha sintética com espessura de 11 mm.

Quadro 9-5 - Preços de aquisição e de instalação da solução S2

<table>
<tr><th></th><th>Solução S2</th><th>Preços s/ IVA (€)</th><th>Eficiência a 30% da c.n.</th><th>Potência (kW)</th></tr>
<tr><td>Aquecimento</td><td rowspan="2">Bomba de calor eléctrica</td><td rowspan="2">8500</td><td>COP=4,61</td><td>18,8</td></tr>
<tr><td>Arrefecimento</td><td>EER=4,64</td><td>16</td></tr>
<tr><td>Sistema de apoio convencional para AQS</td><td>Caldeira mural a gás natural</td><td>700</td><td>0,95</td><td>42</td></tr>
<tr><td></td><td>Preço total s/ IVA (€)</td><td>9200</td><td></td><td></td></tr>
</table>

9.5.3 - Bombas de calor para aquecimento e arrefecimento e termoacumulador eléctrico para AQS (S3)

Para esta solução propõem-se os equipamentos a seguir descritos, resumidos no Quadro 9-6:

a) **Aquecimento/arrefecimento**: Sistema de multi-split (Flexi-multi DC inverter da Sanyo), tipo bomba de calor eléctrica, de elevada eficiência energética, com compressor de duplo rotor e refrigerante R410A. Este sistema é composto por duas unidades exteriores iguais, SAP-CMRV 3146EH, localizadas na cobertura. A potência térmica instalada é de 16,0 kW (8+8) em modo de arrefecimento e de 18,8 kW (9,4+9,4) em modo de aquecimento.

A potência eléctrica absorvida é de 3450 W (1725+1725 W) em modo de arrefecimento e de 4080 W (2040+2040 W) em modo de aquecimento. O desempenho energético em modo de arrefecimento (EER) é de 4,64 e em modo de aquecimento (COP) é de 4,61.

A climatização dos espaços interiores é obtida por oito unidades interiores, do tipo mural, instaladas nas divisões principais da fracção autónoma: sala de estar (unidade SAP-KRV 126 EHDS – capacidade nominal de arrefecimento/aquecimento 3,5/4,8 kW); cozinha, escritório, quartos e hall (unidade SAP-KRV 96 EHDS - capacidade nominal de arrefecimento/aquecimento 2,65/3,6 kW). Todas as unidades interiores possuem comandos autónomos, que incorporam também sondas de temperatura, que permitem o controlo da temperatura e da velocidade de recirculação do ar na divisão onde estão localizados. O nível de pressão sonora produzida por estas unidades situa-se entre 22 e 41 dB, dependendo da velocidade seleccionada para recirculação do ar;

b) **Sistema de apoio convencional para AQS**: Termoacumulador eléctrico da marca Vulcano, com depósito em aço vitrificado com isolamento em espuma rígida de poliuretano de 35 mm, sem CFC, ânodo de protecção e com uma eficiência de conversão de 0,80, fornecida pelo Quadro 9.2 do RCCTE.

Quadro 9-6 - Preços de instalação da solução S3

	Solução S3	**Preços sem IVA (€)**	**Eficiência a 30% da c.n.**	**Potência (kW)**
Aquecimento	Bomba de calor eléctrica	8500	COP=4,61	18,8
Arrefecimento			EER=4,64	16
Sistema de apoio convencional para AQS	Termoacumulador eléctrico	230	0,80	---
	Preço total s/ IVA (€)	8730		

9.5.4 - Bombas de calor para aquecimento e arrefecimento e bombas de calor para AQS (S4)

Para esta solução propõem-se os equipamentos a seguir descritos, resumidos no Quadro 9-7:

a) **Aquecimento/arrefecimento**: Sistema de multi-split (Flexi-multi DC inverter da Sanyo), tipo bomba de calor eléctrica, de elevada eficiência energética, com compressor de duplo rotor e refrigerante R410A. Este sistema é composto por duas unidades exteriores iguais, SAP-CMRV 3146EH, localizadas na cobertura. A potência térmica instalada é de 16,0 kW (8+8) em modo de arrefecimento e de 18,8 kW (9,4+9,4) em modo de aquecimento.

A potência eléctrica absorvida é de 3450 W (1725+1725 W) em modo de arrefecimento e de 4080 W (2040+2040 W) em modo de aquecimento. O desempenho energético em modo de arrefecimento (EER) é de 4,64 e em modo de aquecimento (COP) é de 4,61.

A climatização dos espaços interiores é obtida por oito unidades interiores, do tipo mural, instaladas nas divisões principais da fracção autónoma: sala de estar (unidade SAP-KRV 126 EHDS – capacidade nominal de arrefecimento/aquecimento 3,5/4,8 kW);

cozinha, escritório, quartos e hall (unidade SAP-KRV 96 EHDS - capacidade nominal de arrefecimento/aquecimento 2,65/3,6 kW). Todas as unidades interiores possuem comandos autónomos, que incorporam também sondas de temperatura, que permitem o controlo da temperatura e da velocidade de recirculação do ar na divisão onde estão localizados. O nível de pressão sonora produzida por estas unidades situa-se entre 22 e 41 dB, dependendo da velocidade seleccionada para recirculação do ar;

b) **Sistema de apoio convencional para AQS**: o equipamento seleccionado é uma bomba de calor com acumulador, com 1 serpentina para interligação com outra fonte de calor que pode ser um sistema solar ou caldeira. A transferência de energia do circuito é efectuada através de uma serpentina exterior a funcionar como condensador na parte exterior do acumulador. O desempenho energético em modo de aquecimento COP é de 3,2.

Quadro 9-7 - Preços de aquisição e de instalação da solução S4

	Solução S4	**Preços sem IVA (€)**	**Eficiência a 30% da c.n.**	**Potência (kW)**
Aquecimento	Bomba de calor eléctrica	8500	COP=4,61	18,8
Arrefecimento			EER=4,64	16
Sistema de apoio convencional para AQS	Bomba de calor	2386	COP=3,2	---
	Preço total s/ IVA (€)	10886		

9.5.5 - Caldeira mural a gás butano para aquecimento e AQS instantânea (S5)

Para esta solução propõem-se os equipamentos a seguir descritos, resumidos no Quadro 9-8:

a) **Aquecimento:** caldeira a combustível gasoso (gás butano) com 23,6 kW de potência nominal e eficiência de conversão de 0,87 a 30% de carga nominal, fornecida pelo Quadro 9.1 do RCCTE;

b) **Arrefecimento:** Não será instalado qualquer equipamento. De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de uma máquina frigorífica. A eficiência de conversão adoptada foi de EER de 3, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

c) **Sistema de apoio convencional para AQS:** caldeira a combustível gasoso (gás butano) com 23,6 kW de potência nominal e eficiência de conversão de 0,87 a 30% de carga nominal, fornecida pelo Quadro 9.1 do RCCTE.

Quadro 9-8 - Preços de aquisição e de instalação da solução S5

	Solução S5	Preços sem IVA (€)	Eficiência a 30% da c.n.	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira mural a gás butano para aquecimento e AQS instantânea	400	0,87*	23,6
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25 *
Sistema de apoio convencional para AQS	Caldeira mural a gás butano para aquecimento e AQS instantânea	400	0,87*	23,6
*RCCTE	**Preço total s/ IVA (€)**	800		

9.5.6 - Caldeira mural a gás natural para aquecimento e AQS instantânea (S6)

Para esta solução propõem-se os equipamentos a seguir descritos, resumidos no Quadro 9-9:

a) **Aquecimento:** caldeira a combustível gasoso (gás natural) com 23,6 kW de potência nominal e eficiência de conversão de 0,87 a 30% de carga nominal, fornecida pelo Quadro 9.1 do RCCTE;

b) **Arrefecimento:** Não será instalado qualquer equipamento. De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de uma máquina frigorífica. A eficiência de conversão adoptada foi de EER de 3, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

c) **Sistema de apoio convencional para AQS:** caldeira a combustível gasoso (gás natural) com 23,6 kW de potência nominal e eficiência de conversão de 0,87 a 30% de carga nominal, fornecida pelo Quadro 9.1 do RCCTE.

Quadro 9-9 - Preços de aquisição e de instalação da solução S6

	Solução S6	Preços sem IVA (€)	Eficiência a 30% da c.n.	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira mural a gás natural para aquecimento e AQS instantânea	400	0,87*	23,6
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25 *
Sistema de apoio convencional para AQS	Caldeira mural a gás natural para aquecimento e AQS instantânea	400	0,87*	23,6
*RCCTE	**Preço total s/ IVA (€)**	800		

9.5.7 - Caldeira mural de condensação a gás natural para aquecimento e AQS instantânea (S7)

Para esta solução propõem-se os equipamentos a seguir descritos, resumidos no Quadro 9-10:

a) **Aquecimento:** caldeira mural de condensação a gás natural com 25 kW de potência nominal e eficiência de conversão de 1,09 a 30% da carga nominal;

b) **Arrefecimento:** Não será instalado qualquer equipamento. De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de uma máquina frigorífica. A eficiência de conversão adoptada foi de EER de 3, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

c) **Sistema de apoio convencional para AQS:** caldeira mural de condensação a gás natural com 25 kW de potência nominal e eficiência de conversão de 1,09 a 30% da carga nominal.

Quadro 9-10 - Preços de aquisição e de instalação da solução S7

	Solução S7	**Preços sem IVA (€)**	**Eficiência a 30% da c.n.**	**Potência (kW)**
Aquecimento	Caldeira mural de condensação a gás natural para aquecimento e AQS instantânea	1750	1,09	25
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25 *
Sistema de apoio convencional para AQS	Caldeira mural de condensação a gás natural para aquecimento e AQS instantânea	1750	1,09	25
*RCCTE	**Preço total s/ IVA (€)**	2150		

9.5.8 Caldeira de chão a diesel com acumulação para aquecimento e AQS por acumulação (S8)

Para esta solução propõem-se os equipamentos a seguir descritos, resumidos no Quadro 9-11:

a) **Aquecimento:** caldeira de chão a diesel com 25 kW de potência nominal e eficiência de conversão de 0,80 a 30% da carga nominal, fornecida pelo Quadro 9.1 do RCCTE.

b) **Arrefecimento:** Não será instalado qualquer equipamento. De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de uma máquina frigorífica. A eficiência de conversão adoptada foi de EER de 3, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

c) **Sistema de apoio convencional para AQS:** caldeira de chão a diesel com 25 kW de potência nominal e eficiência de conversão de 0,80 a 30% da carga nominal, fornecida pelo Quadro 9.1 do RCCTE.

Quadro 9-11 - Preços de aquisição e de instalação da solução S8

	Solução S8	Preços sem IVA (€)	Eficiência a 30% da c.n.	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira de chão a diesel com acumulação para aquecimento e AQS por acumulação	2190	1,09	25
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25 *
Sistema de apoio convencional para AQS	Caldeira de chão a diesel com acumulação para aquecimento e AQS por acumulação	2190	1,09	25
*RCCTE	**Preço total s/ IVA (€)**	2590		

9.5.9 - Caldeira a biomassa para aquecimento e caldeira mural a gás natural para AQS (S9)

Para esta solução propõem-se os equipamentos a seguir descritos, resumidos no Quadro 9-12:

a) **Aquecimento:** caldeira a biomassa de funcionamento electrónico com as seguintes características:

- Potência nominal de 25 kW e eficiência de conversão de 0,60, fornecida pelo Quadro 9.1 do RCCTE;

- Quadro electrónico para controlo de sistemas de aquecimento;

- Corpo da caldeira em ferro fundido, de longa duração, ao reduzir os danos provocados pela condensação;

- Depósito de combustível de grande capacidade com 750 litros e com a possibilidade deste ser colocado em qualquer lado da caldeira;

- Funcionamento simples e com manutenção simplificada;

- O desenho interior do corpo da caldeira assegura uma grande capacidade de transferência de calor entre os gases de combustão e a água do circuito primário;

- Altos rendimentos;

- Baixas emissões, com um baixo impacto meio ambiental;

- As cinzas da combustão depositam-se na parte inferior da caldeira numa bandeja onde são recolhidas numa bandeja de grande capacidade em chapa, independente do corpo de fundição;

b) **Arrefecimento:** Não será instalado qualquer equipamento. De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de uma máquina frigorífica. A eficiência de conversão adoptada foi de EER de 3, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

c) **Sistema de apoio convencional para AQS:** O sistema convencional de apoio para preparação de AQS consiste numa caldeira mural a gás natural da marca Vulcano (Gama Sensor Estanque WTD 24 AME). Este sistema possui acendimento automático, câmara de combustão estanque com pré-mistura de gás e ar para optimização da queima, controlo termostático (através de duas sondas de temperatura). Permite a regulação da temperatura da água grau a grau entre 35ºC e 60 ºC, e apresenta regulação automática do caudal de água quente através de um fluxóstato para detecção do caudal de água solicitado. Esta caldeira termostática funciona com água pré-aquecida proveniente do sistema solar térmico. Se esta temperatura for superior à definida pelo utilizador, a caldeira termostática não entra em funcionamento e no display digital aparece o símbolo de funcionamento em modo solar. Se a temperatura for inferior à definida pelo utilizador, a caldeira adapta o consumo de gás à temperatura seleccionada no display. Esta caldeira apresenta uma potência de 42 kW com uma eficiência de 95,0% a 30% da carga nominal. A tubagem de distribuição de AQS está isolada com espuma elastomérica à base de borracha sintética com espessura de 11 mm.

Quadro 9-12 - Preços de aquisição e de instalação da solução S9

	Solução S9	**Preços sem IVA (€)**	**Eficiência a 30% da c.n.**	**Potência (kW)**
Aquecimento	Caldeira a biomassa	5070	0,60*	25
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25 *
Sistema de apoio convencional para AQS	Caldeira mural a gás natural	700	0,95	42
*RCCTE	**Preço total s/ IVA (€)**	6170		

9.5.10 - Caldeira a biomassa para aquecimento e AQS com acumulação (S10)

Para esta solução propõem-se os equipamentos a seguir descritos, resumidos no Quadro 9-13:

a) **Aquecimento:** caldeira a biomassa de funcionamento electrónico com as seguintes características:

- Potência nominal de 25 kW e eficiência de conversão de 0,60, fornecida pelo Quadro 9.1 do RCCTE;

- Quadro electrónico para controlo de sistemas de aquecimento;

- Corpo da caldeira em ferro fundido, de longa duração, ao reduzir os danos provocados pela condensação;

- Depósito de combustível de grande capacidade com 750 litros e com a possibilidade deste ser colocado em qualquer lado da caldeira;

- Funcionamento simples e com manutenção simplificada;

- O desenho interior do corpo da caldeira assegura uma grande capacidade de transferência de calor entre os gases de combustão e a água do circuito primário;

- Altos rendimentos;

- Baixas emissões, com um baixo impacto meio ambiental;

- As cinzas da combustão depositam-se na parte inferior da caldeira numa bandeja onde são recolhidas numa bandeja de grande capacidade em chapa, independente do corpo de fundição;

b) **Arrefecimento:** Não será instalado qualquer equipamento. De acordo com o nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumiu-se por defeito a utilização de uma máquina frigorífica. A eficiência de conversão adoptada foi de EER de 3, assumida por defeito nos termos do nº 2 do Artigo 18º do RCCTE;

c) **Sistema de apoio convencional para AQS:** caldeira a biomassa de funcionamento electrónico com as seguintes características:

- Potência nominal de 25 kW e eficiência de conversão de 0,60, fornecida pelo Quadro 9.1 do RCCTE;

- Quadro electrónico para controlo de sistemas de aquecimento;

- Corpo da caldeira em ferro fundido, de longa duração, ao reduzir os danos provocados pela condensação;

- Depósito de combustível de grande capacidade com 750 litros e com a possibilidade deste ser colocado em qualquer lado da caldeira;

- Funcionamento simples e com manutenção simplificada;

- O desenho interior do corpo da caldeira assegura uma grande capacidade de transferência de calor entre os gases de combustão e a água do circuito primário;

- Altos rendimentos;

- Baixas emissões, com um baixo impacto meio ambiental;

- As cinzas da combustão depositam-se na parte inferior da caldeira numa bandeja onde são recolhidas numa bandeja de grande capacidade em chapa, independente do corpo de fundição.

Quadro 9-13 - Preços de aquisição e de instalação da solução S10

	Solução S10	Preços sem IVA (€)	Eficiência a 30% da c.n.	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira a biomassa	5070	0,60*	25
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25 *
Sistema de apoio convencional para AQS	Caldeira a biomassa	5070	0,60*	25
*RCCTE	**Preço total s/ IVA (€)**	5470		

9.6 - Classificação energética, emissão de CO_2 e factura energética

Os resultados obtidos do caso de estudo, em função dos equipamentos utilizados, são resumidos no Quadro 9-14 e representados graficamente da Figura 9-3 à Figura 9-12.

Quadro 9-14 - Tabela comparativa dos resultados globais em função dos diversos equipamentos

Equipamento	**R**	**Classe energética**	**Ton. CO2/ano**	**Factura energética**						**Preços s/ IVA (€)**
				Aquecimento €/ano (%)	**Arrefecimento €/ano (%)**	**Climatização €/ano**	**AQS €/ano (%)**	**Climatização e AQS**		
								€/ano	**€/mês**	
Padrão S1	0,88	B-	1,28	2432 (88%)	25 (0,9%)	2457 (88,9%)	306 (11,1%)	2763	230	780
Solução 2	0,18	A+	0,27	528 (87,7%)	16 (2,6%)	544 (90,3)	58 (9,7%)	602	50	9200
Solução 3	0,57	B	0,83	528 (68,4%)	16 (2,1%)	544 (70,5%)	227 (29,5%)	771	64	8730
Solução 4	0,17	A+	0,25	528 (92,2%)	16 (2,8%)	544 (95,0%)	29 (5,0%)	572	48	10886
Solução 5	0,28	A	0,40	3104 (93,5%)	25 (0,7%)	3129 (94,2%)	192 (5,8%)	3320	277	800
Solução 6	0,28	A	0,40	1350 (92,6%)	25 (1,7%)	1375 (94,3%)	84 (5,7%)	1459	122	800
Solução 7	0,17	A+	0,24	1078 (95,8%)	25 (2,2%)	1103 (98,0%)	23 (2,0%)	1125	94	2150
Solução 8	0,32	A	0,47	2113 (92,0%)	25 (1,1%)	2138 (93,1%)	158 (6,9%)	2295	191	2590
Solução 9	0,08	A+	0,11	1409 (94,4%)	25 (1,6%)	1434 (96,0%)	58 (3,9%)	1491	124	6170
Solução 10	0,01	A+	0,01	1409 (88,6%)	25 (1,5%)	1434 (90,1%)	157 (9,9%)	1590	133	5470

Na figura 9-3 é apresentado o parâmetro R (Ntc/Nt) para obtenção da classe energética versus equipamento.

Na figura 9-4 são apresentadas as toneladas de CO_2 para os diversos equipamentos.

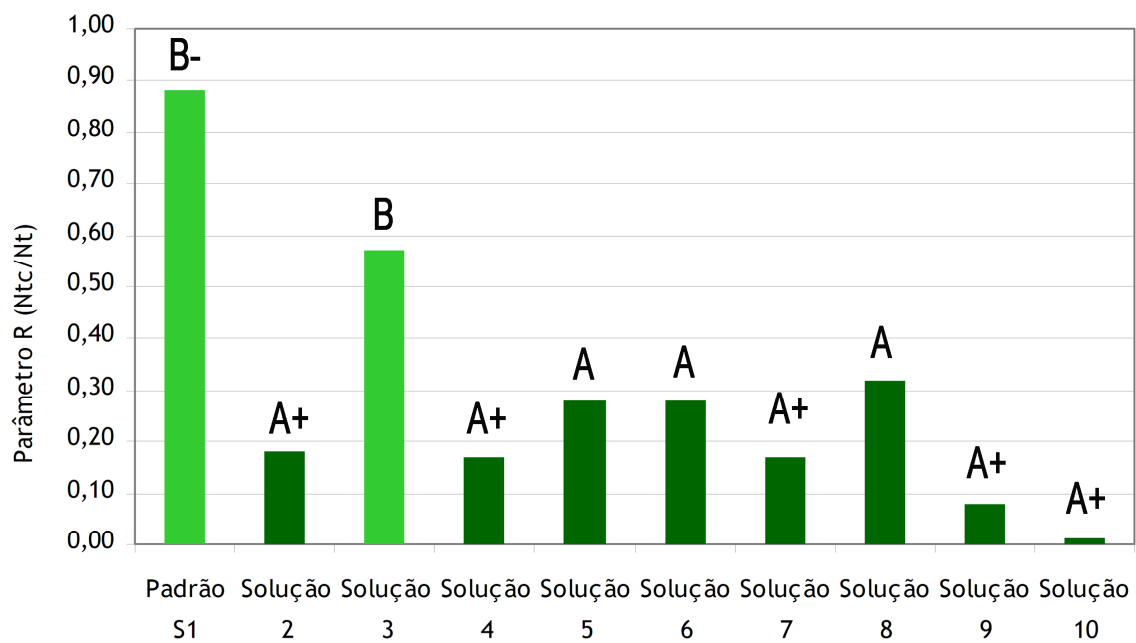



Figura 9-3 - Parâmetro R (Ntc/Nt) para obtenção da classe energética versus equipamento

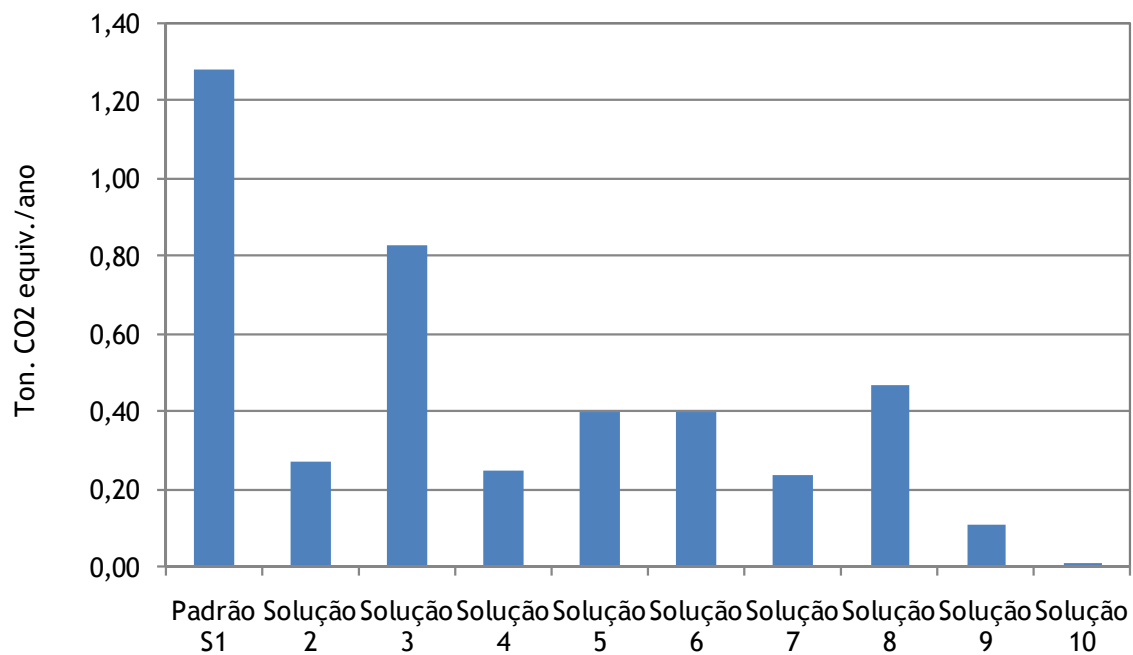



Figura 9-4 - Ton. CO_2 equiv./ano versus equipamento

Na figura 9-5 é apresentada a factura energética anual para aquecimento em função dos diversos equipamentos.

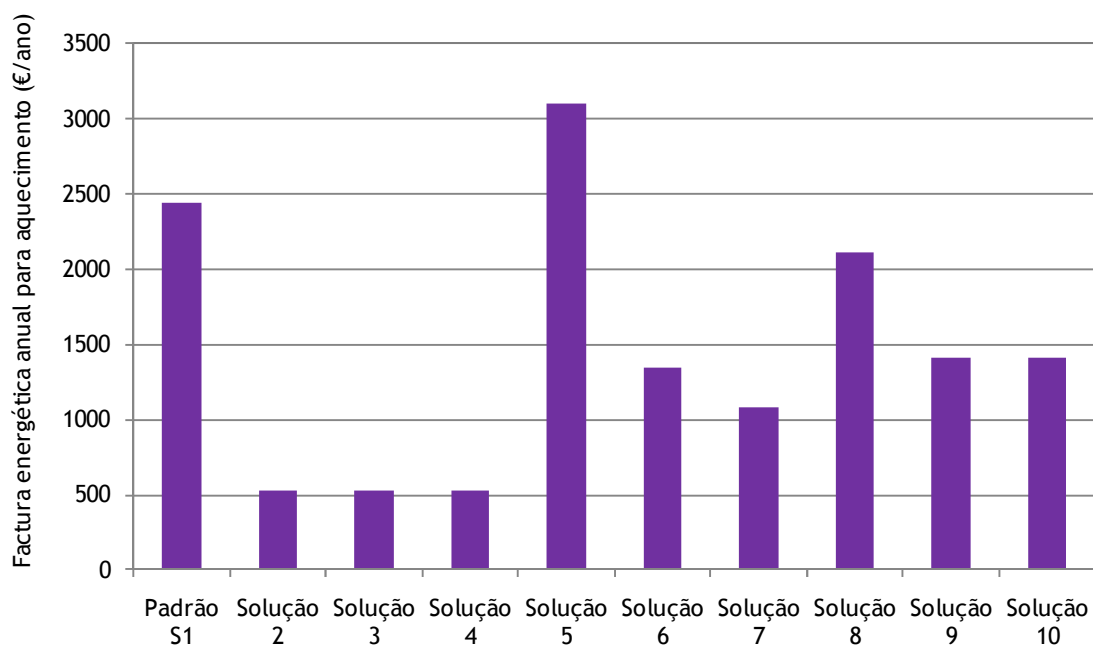



Figura 9-5 - Factura energética anual para aquecimento (€/ano) versus equipamento

Na figura 9-6 é apresentada a factura energética anual para arrefecimento em função dos diversos equipamentos.

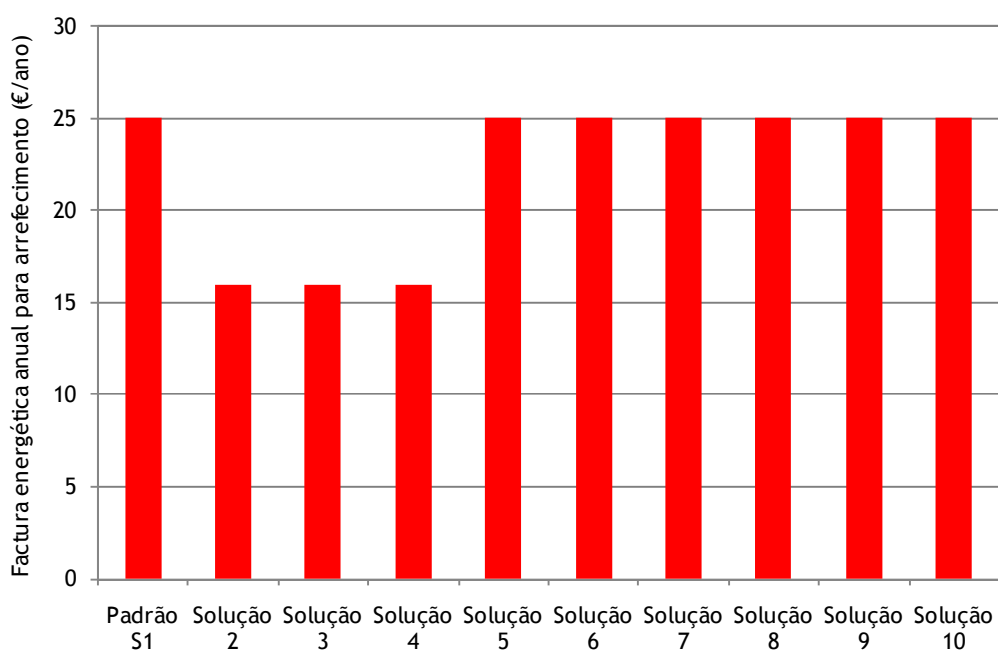



Figura 9-6 - Factura energética anual para arrefecimento (€/ano) versus equipamento

Na Figura 9-7 é apresentada a factura energética para AQS em função dos diferentes equipamentos.

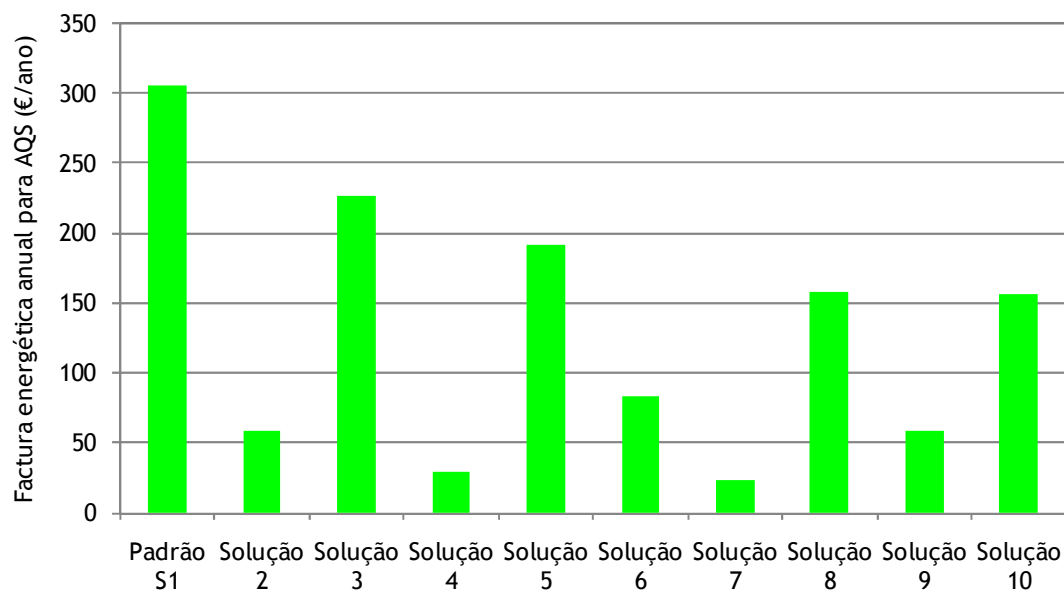



Figura 9-7 - Factura energética para AQS (€/ano) versus equipamento

Na Figura 9-8 é apresentada a factura energética anual para climatização e AQS para os diversos equipamentos.

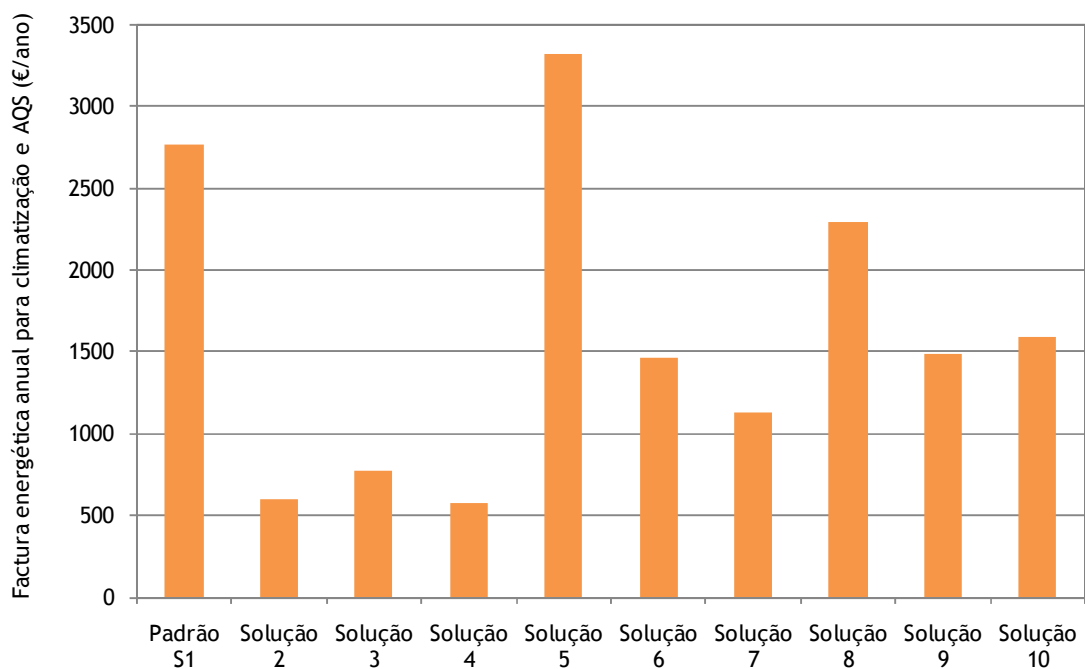



Figura 9-8 - Factura energética anual para climatização e AQS (€/ano) versus equipamento

Na Figura 9-9 é apresentada a desagregação da factura energética anual em função dos diferentes equipamentos.

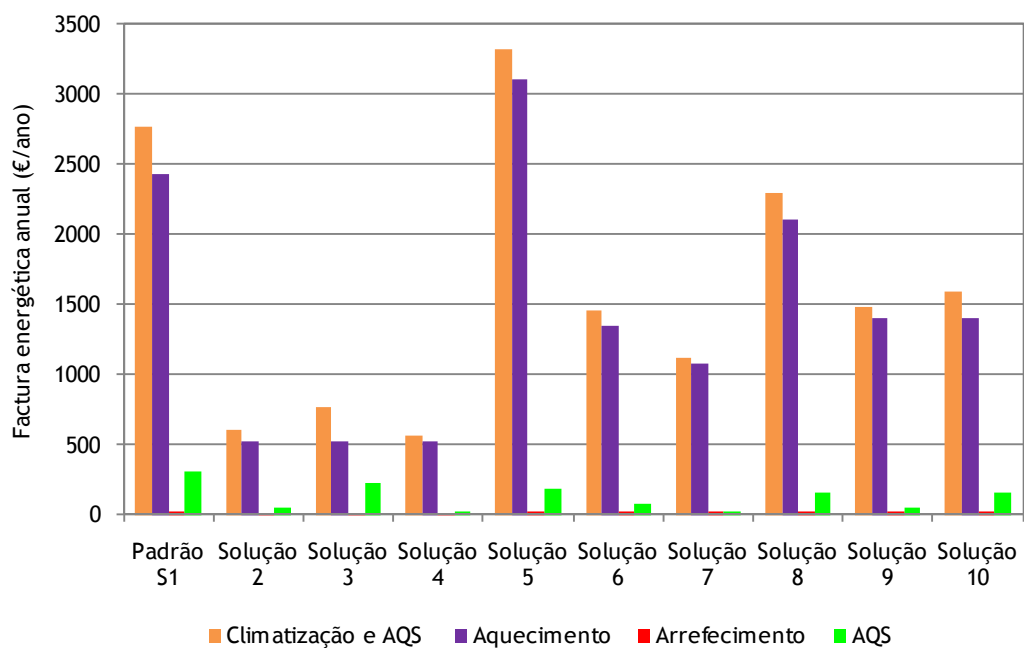



Figura 9-9 - Desagregação da factura energética anual (€/ano) versus equipamento

Na figura 9-10 é apresentada a factura energética mensal para climatização e AQS para os diferentes equipamentos.

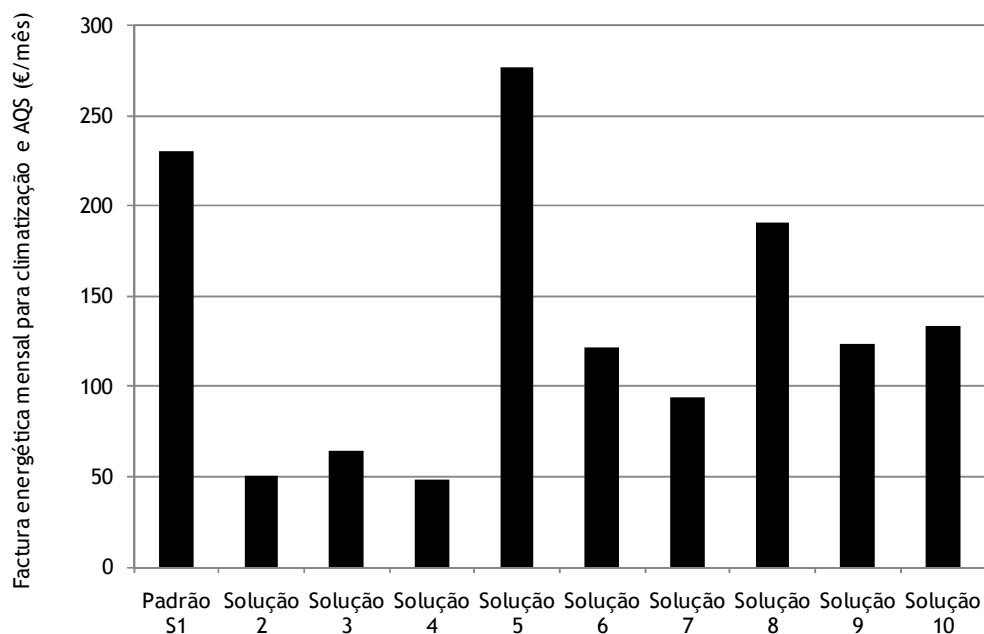



Figura 9-10 - Factura energética mensal para climatização e AQS (€/mês) versus equipamento

O período de retorno de investimento simples (PRS) é calculado pela Equação 9.10:

$$PRS = \frac{CA}{RA} \qquad \textbf{(Equação 9.10)}$$

Onde:

CA - Custo acrescido de investimento (€)

RA - Redução anual da factura energética (€/ano)

O custo acrescido de investimento (CA) é calculado pela diferença entre o custo inicial da solução base (Sistema Padrão S1), isto é, sem alternativa de maior eficiência energética, e o das respectivas soluções adoptadas.

A redução anual da factura energética (RA) é calculada pela diferença entre a factura energética anual do sistema padrão (S1) e a das respectivas soluções adoptadas.

No Quadro 9-15 e nas Figuras 9-11 e 9-12 são apresentados os valores da redução anual da factura energética, o custo acrescido de investimento e o período de retorno simples de investimento em função dos múltiplos equipamentos.

Quadro 9-15 - Tabela comparativa da redução anual da factura energética, custo acrescido de investimento e período de retorno simples de investimento em função dos diversos equipamentos

Solução adoptada	Redução anual da factura energética RA (€/ano)	Custo acrescido de investimento CA (€)	PRS (anos)
Padrão S1	-	-	-
Solução 2	2161	8420	3,90
Solução 3	1992	7950	3,99
Solução 4	2191	10106	4,61
Solução 5	-557	20	-0,04
Solução 6	1304	20	0,02
Solução 7	1638	1370	0,84
Solução 8	468	1810	3,87
Solução 9	1272	5390	4,24
Solução 10	1173	4690	4,00

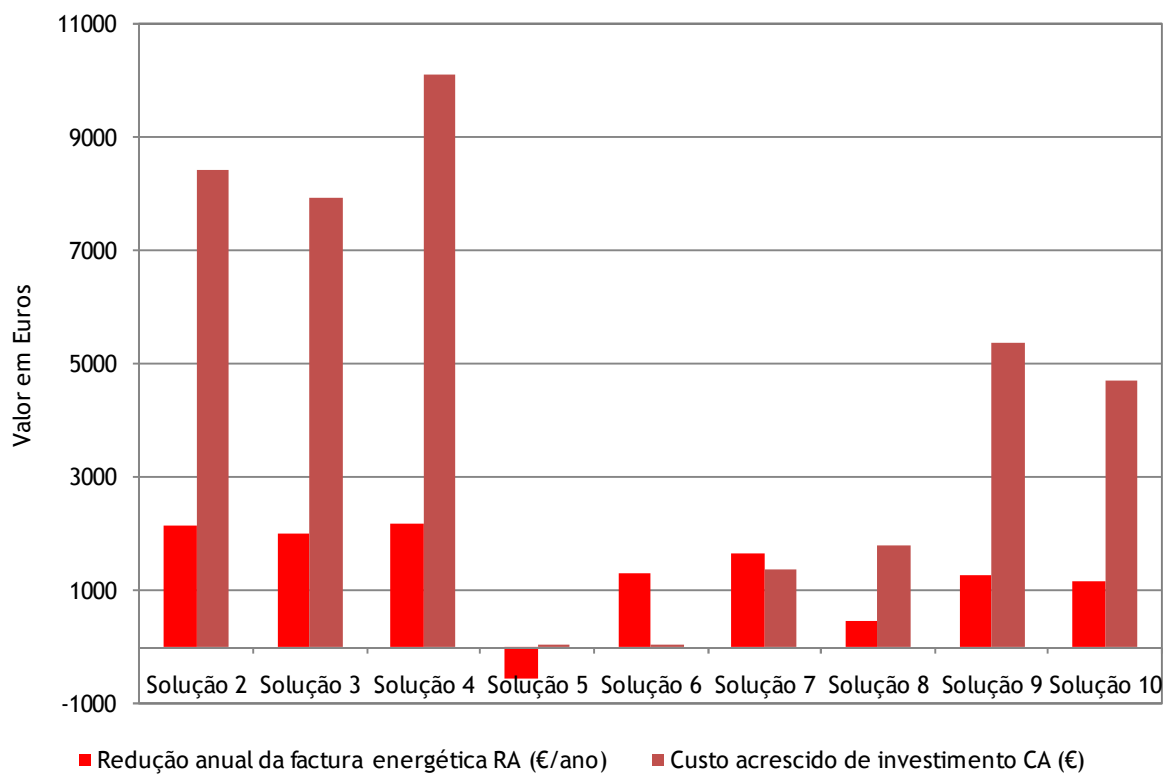



Figura 9-11 - Redução anual da factura energética versus custo acrescido de investimento

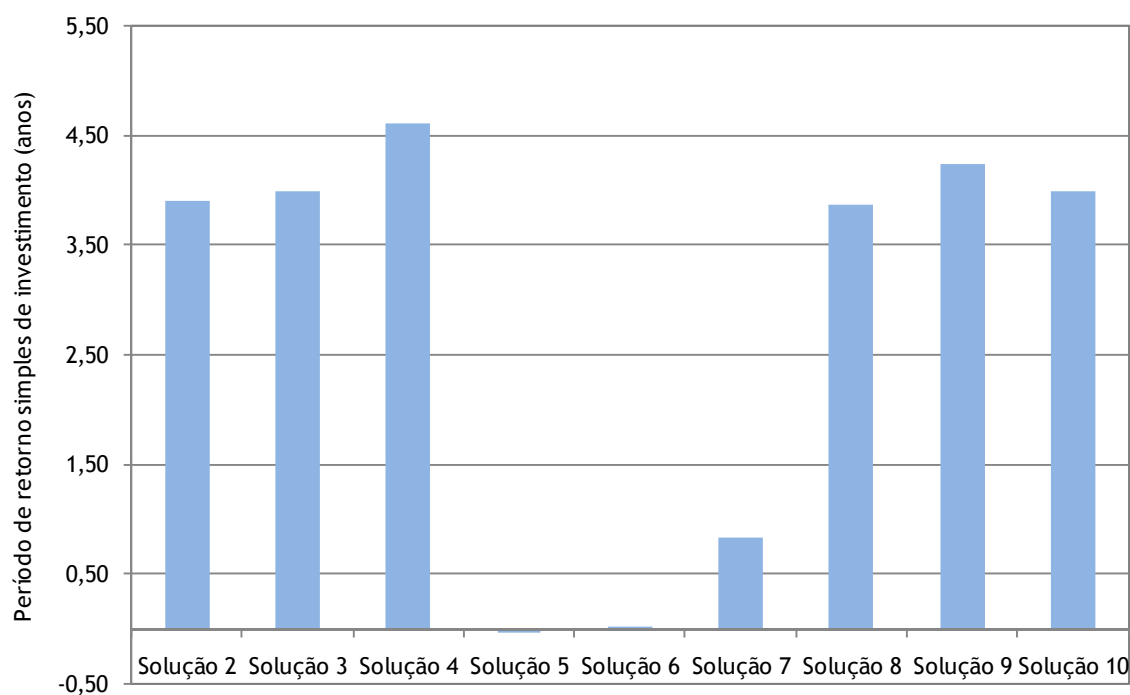



Figura 9-12 - Período de retorno simples de investimento (anos)

9.7 - Análise e discussão dos resultados

Pela análise do Quadro 9-14 e da Figura 9-3, pode observar-se que a solução 10 é a mais favorável em termos de classe energética, correspondendo ao parâmetro R=0,01 uma classe energética A+. Tal facto era previsível, uma vez que foi seleccionada uma caldeira a biomassa para aquecimento e AQS com acumulação, tornando-se muito vantajosa do ponto de vista económico na sua utilização em relação a outras formas de energia.

Pela análise do Quadro 9-14 e da Figura 9-3, pode observar-se que o sistema padrão (S1) é a solução menos favorável em termos de classe energética, o que era de esperar, uma vez que, em princípio, corresponde à situação mais desfavorável que pode traduzir-se quando nenhum dos sistemas é descrito ou preconizado em projecto.

Pela análise do Quadro 9-14 e da Figura 9-3, pode observar-se que a solução 3 é a segunda solução menos favorável em termos de classe energética, uma vez que foram seleccionadas bombas de calor para aquecimento e um termoacumulador eléctrico para AQS. Neste caso é o termoacumulador que prejudica o desempenho global do edifício, já que utiliza energia eléctrica e possui baixa eficiência de conversão.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-4, mostram que em termos de emissões anuais de CO_2, a solução 10 é a mais favorável, sendo a menos poluente, ou seja, mais ecológica.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-4, mostram que em termos de emissões anuais de CO_2, a solução menos favorável é o sistema padrão (S1), o que era de esperar.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-4, mostram que em termos de emissões anuais de CO_2, a segunda solução menos favorável é a solução 3, por terem sido utilizadas bombas de calor para aquecimento e um termoacumulador eléctrico para AQS.

Por observação do Quadro 9-14 e da Figura 9-5, pode afirmar-se que em termos de factura energética anual para aquecimento, as soluções mais favoráveis são as soluções 2, 3 e 4, uma vez que para estas soluções foi utilizada a mesma bomba de calor eléctrica.

Por observação do Quadro 9-14 e da Figura 9-5, pode afirmar-se que em termos de factura energética anual para aquecimento, a solução menos favorável é a solução 5, tendo sido utilizado para aquecimento uma caldeira a combustível gasoso (gás butano).

Por observação do Quadro 9-14 e da Figura 9-5, pode afirmar-se que em termos da factura energética anual para aquecimento, a segunda solução menos favorável é o sistema padrão (S1).

Pelo Quadro 9-14 e pela Figura 9-6, em termos de factura energética anual para arrefecimento, constata-se que as soluções 2,3 e 4 são as soluções mais favoráveis, pois foi utilizada para todas

estas soluções a mesma bomba de calor eléctrica, que apresenta um EER mais elevado do que as soluções de referência, em que tal sistema não é especificado.

Pelo Quadro 9-14 e pela Figura 9-6, em termos de factura energética anual para arrefecimento, constata-se que o sistema padrão (S1) e as restantes soluções, 5 a 10 são as mais desfavoráveis.

Do Quadro 9-14 e da Figura 9-8, em termos da factura energética anual percentual associada ao sistema de climatização de arrefecimento, verifica-se que a solução 5 é a mais favorável.

Do Quadro 9-14 e da Figura 9-8, em termos da factura energética anual percentual associada ao sistema de climatização de arrefecimento, verifica-se que a solução 4 é a menos favorável.

Do Quadro 9-14 e da Figura 9-8, em termos da factura energética anual percentual associada ao sistema de climatização de arrefecimento, verifica-se que a solução 2 é a segunda mais desfavorável.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-7 mostram que, em termos de factura energética anual para AQS, a solução 7 é a mais favorável, tendo sido utilizada uma caldeira mural de condensação a gás natural.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-7 mostram que, em termos de factura energética anual para AQS, o sistema padrão (S1) é o menos favorável.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-7 mostram que, em termos de factura energética anual para AQS, a solução 3 é a segunda solução menos favorável, com a utilização de um termoacumulador eléctrico.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-8, permitem afirmar que a factura energética anual para climatização e AQS da solução 4 é a mais favorável.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-8, permitem afirmar que a factura energética anual para climatização e AQS da solução 5 é a menos favorável.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-8, permitem afirmar que a factura energética anual para climatização e AQS do sistema padrão (S1) é a segunda menos favorável.

Pelo Quadro 9-14 e pela Figura 9-9, constata-se que a solução mais económica é a 4 em termos de factura energética anual para climatização e AQS.

Pelo Quadro 9-14 e pela Figura 9-9, constata-se que a solução menos económica é a 5 em termos de factura energética anual para climatização e AQS.

Pelo Quadro 9-14 e pela Figura 9-9, constata-se que o sistema padrão (S1) é a segunda solução menos económica em termos de factura energética anual para climatização e AQS.

Do Quadro 9-14 e da Figura 9-9, resulta que em termos da factura energética anual percentual para aquecimento, a solução mais favorável é a 3 com a utilização da bomba de calor eléctrica de elevada eficiência energética.

Do Quadro 9-14 e da Figura 9-9, resulta que em termos da factura energética anual percentual para aquecimento, a solução menos favorável é a 7 com a utilização de uma caldeira mural de condensação a gás natural, o que se pode justificar pelo facto do gás natural ser económico.

Do Quadro 9-14 e da Figura 9-9, resulta que em termos da factura energética anual percentual para aquecimento, a segunda solução menos favorável é a 9, tendo sido utilizada uma caldeira a biomassa para efectuar o aquecimento.

Do Quadro 9-14 e da Figura 9-9, em termos da factura energética anual percentual para arrefecimento, verifica-se que a solução 5 é a mais favorável.

Do Quadro 9-14 e da Figura 9-9, em termos da factura energética anual percentual para arrefecimento, verifica-se que a solução 4 é a menos favorável.

Do Quadro 9-14 e da Figura 9-9, em termos da factura energética anual percentual para arrefecimento, verifica-se que a solução 2 é a segunda mais desfavorável.

Pelo Quadro 9-14 e pela Figura 9-9, em termos da factura energética anual percentual associada ao sistema de preparação de AQS, a solução 7 é a mais favorável, tendo sido utilizada uma caldeira mural de condensação a gás natural.

Pelo Quadro 9-14 e pela Figura 9-9, em termos da factura energética anual percentual para AQS, a solução 3 é a menos favorável.

Pelo Quadro 9-14 e pela Figura 9-9, em termos da factura energética anual percentual para AQS, o sistema padrão (S1) é o segundo menos favorável.

Pelo Quadro 9-14 e pela Figura 9-9, denota-se que a factura energética anual para aquecimento contribui consideravelmente quase na totalidade para a factura energética anual para climatização e AQS, tendo as parcelas das facturas de climatização de arrefecimento e AQS um peso muito pouco significativo.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-9, permitem afirmar que o equipamento mais favorável em termos de factura energética anual percentual para aquecimento é a solução 3; para arrefecimento é a solução 5 e para AQS é a solução 7.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-9, permitem afirmar que o equipamento menos favorável em termos de factura energética anual percentual para aquecimento é a solução 7; para arrefecimento é a solução 4 e para AQS é a solução 3.

O Quadro 9-14 e a Figura 9-9, permitem afirmar que o segundo equipamento menos favorável em termos de factura energética anual percentual para aquecimento é a solução 9; para arrefecimento é a solução 2 e para AQS é o sistema padrão (S1).

Do Quadro 9-14 e Figura 9-10, resulta que a solução 4 é a mais favorável em termos de factura energética mensal para climatização e AQS.

Do Quadro 9-14 e Figura 9-10, resulta que a solução 5 é a menos favorável em termos de factura energética mensal para climatização e AQS.

Do Quadro 9-14 e Figura 9-10, resulta que o sistema padrão (S1) é o segundo menos favorável em termos de factura energética mensal para climatização e AQS.

Do Quadro 9-14, pode observar-se que a solução 10 é a mais favorável em termos de classe energética e quanto às emissões de CO_2; as soluções 2, 3 e 4 são as mais económicas para aquecimento e arrefecimento; a solução 3 é a mais económica em termos de factura energética anual percentual de aquecimento; a solução 5 é a mais económica na factura energética anual percentual de arrefecimento; a solução 7 é a economicamente mais favorável na factura energética anual e na factura energética anual percentual para AQS; a solução 4 é a mais vantajosa em termos de factura energética anual e factura energética mensal para climatização e AQS; o sistema padrão (S1) é o mais económico em termos de investimento.

Do Quadro 9-14, pode observar-se que o sistema padrão (S1) é o menos favorável em termos de classe energética e quanto às emissões de CO_2; o sistema padrão (S1) e as soluções 5 a 10 são as menos económicas para aquecimento e arrefecimento; a solução 7 é a menos económica para aquecimento; a solução 4 é a menos económica na factura energética anual percentual de arrefecimento; o sistema padrão é economicamente menos favorável para AQS; a solução 3 é a menos económica na factura energética anual percentual para AQS; a solução 5 é a menos vantajosa economicamente em termos de factura energética anual e factura energética mensal para climatização e AQS; a solução 4 é a menos económica em termos de investimento.

Do Quadro 9-14, pode observar-se que a solução 3 é a segunda menos favorável em termos de classe energética e quanto às emissões de CO_2; a solução 9 é a segunda menos económica para aquecimento; a solução 2 é a segunda menos económica na factura energética anual percentual de arrefecimento; a solução 3 é a segunda economicamente menos favorável para AQS; o sistema padrão (S1) é o segundo menos económico na factura energética anual percentual de AQS e em termos de factura energética anual e factura energética mensal para climatização e AQS; a solução 2 é a segunda menos económica em termos de investimento.

Através do Quadro 9-14 e da Figura 9-15, em termos de redução anual da factura energética, tendo como base o Sistema Padrão (S1) constata-se que a solução 4 é a mais favorável, a solução

8 é a menos favorável e à solução 5 corresponde-lhe um valor negativo de redução, ou seja, não irá haver redução, mas sim passagem para uma solução ainda pior economicamente.

Através do Quadro 9-15 e da Figura 9-11, em termos de custo acrescido de investimento, as soluções mais favoráveis são as 5 e 6, enquanto que para o caso mais desfavorável é a solução 4.

Através do Quadro 9-15 e da Figura 9-12, a solução 6 é a mais favorável, ou seja, a que demora menos tempo a recuperar o dinheiro investido; a solução 4 é a menos favorável e a solução 5 não tem viabilidade neste tipo de análise de período de retorno, uma vez que como foi referido acima não há qualquer vantagem do Sistema Padrão (S1) para esta solução.

9.8 - Conclusões do caso de estudo

Através da análise dos resultados obtidos do caso de estudo, pode concluir-se que:

a) A uma boa classe energética, corresponde uma baixa emissão anual de CO_2. Esta é uma consequência natural do cálculo preconizado no RCCTE, que faz corresponder classes energéticas mais elevadas nos edifícios que apresentam menores valores de energia primária face a valores de referência calculados com base em sistemas padrão para esses edifícios;

b) Valores baixos da factura energética anual para aquecimento e arrefecimento, nem sempre correspondem a uma boa classe energética e a uma baixa emissão anual de CO_2;

c) O valor em que a factura energética anual percentual de aquecimento e de arrefecimento é mais baixa, não corresponde nem à melhor classe energética, nem à mais baixa emissão anual de CO_2;

d) A factura energética anual e a factura energética anual percentual para AQS mais económica corresponde a uma boa classe energética e a valores razoáveis de emissão anual de CO_2, no entanto, não corresponde à melhor situação possível verificada no caso de estudo;

e) Para valores anuais e mensais de uma factura energética anual económica, obtém-se uma boa classe energética e baixa emissão anual de CO_2;

f) Aos preços de investimento inicial mais baixos, não correspondem nem uma boa classificação energética nem valores baixos de emissão anual de CO_2;

g) A factura energética anual para aquecimento contribui consideravelmente em grande parte para a factura energética anual para climatização e AQS, tendo as parcelas das facturas de climatização de arrefecimento e AQS um peso muito pouco significativo;

h) O parâmetro da redução anual da factura energética é inversamente proporcional ao valor do período de retorno simples, enquanto que o custo acrescido de investimento varia proporcionalmente com o mesmo;

i) O menor período de retorno simples corresponde a uma boa classe energética e a baixas emissões de CO_2.

Capítulo 10 - Conclusões e Recomendações para Trabalhos Futuros

10.1 - Conclusões gerais

O presente trabalho tratou de um tema cada vez mais importante e actual a nível nacional e mundial: o estudo da energia consumida no sector dos edifícios e a necessidade de melhoria da eficiência energética dos mesmos. Foi apresentado o contexto nacional energético e ambiental. Abordaram-se os diversos planos nacionais de eficiência energética, bem como as condições necessárias para obtenção do conforto termo-higrométrico interior em edifícios. Mencionaram-se e compararam-se a ventilação natural e a ventilação forçada. Foram apresentados vários sistemas de climatização para aquecimento e arrefecimento. Estudaram-se múltiplas escolhas possíveis de sistemas convencionais para produção de AQS, bem como os diversos sistemas de aproveitamento de energias renováveis.

No âmbito do presente trabalho foi realizado um caso de estudo de um edifício localizado na periferia da zona urbana da Covilhã, a uma altitude de 490 m (zona climática I3-V2N), com obstruções aos ganhos solares em toda a envolvente, em resultado de construções (moradias de 2 pisos) existentes ou previstas para o loteamento. O edifício que se analisou apresenta condições excepcionais de isolamento térmico da envolvente e cumpre todos os requisitos mínimos de qualidade térmica e requisitos energéticos para as necessidades nominais de aquecimento e de arrefecimento. Em todas as soluções analisadas neste trabalho, são cumpridos os requisitos energéticos relativamente às necessidades nominais de energia útil de preparação de AQS e necessidades nominais globais de energia primária, pelo que, quaisquer das soluções avaliadas poderia ser construída no âmbito do RCCTE.

No caso de estudo analisou-se o impacto dos sistemas de climatização, tanto de aquecimento como de arrefecimento e dos sistemas convencionais de AQS na certificação energética, emissões de CO_2 e factura energética. Durante o estudo realizado, apenas foi alterado o sistema convencional, não tendo sido alterados os colectores solares, nem o E_{solar} resultante. Todos os parâmetros restantes, tais como a localização, a orientação, as soluções arquitectónicas e a taxa de renovação do ar foram mantidos como constantes. Foram analisadas dez soluções, sendo uma delas o sistema padrão (S1).

Através dos resultados obtidos, concluiu-se que:

a) A uma boa classe energética, corresponde uma baixa emissão anual de CO_2. Esta é uma consequência natural do cálculo preconizado no RCCTE, que faz corresponder classes energéticas mais elevadas nos edifícios que apresentam menores valores de

energia primária face a valores de referência calculados com base em sistemas padrão para esses edifícios;

b) Valores baixos da factura energética anual para aquecimento e arrefecimento, nem sempre correspondem a uma boa classe energética e a uma baixa emissão anual de CO_2;

c) O valor em que a factura energética anual percentual de aquecimento e de arrefecimento é mais baixa, não corresponde nem à melhor classe energética, nem à mais baixa emissão anual de CO_2;

d) A factura energética anual e a factura energética anual percentual para AQS mais económica corresponde a uma boa classe energética e a valores razoáveis de emissão anual de CO_2, no entanto, não corresponde à melhor situação possível verificada no caso de estudo;

e) Para valores anuais e mensais de uma factura energética anual económica, obtém-se uma boa classe energética e baixa emissão anual de CO_2;

f) Aos preços de investimento inicial mais baixos, não correspondem nem uma boa classificação energética nem valores baixos de emissão anual de CO_2;

g) A factura energética anual para aquecimento contribui consideravelmente em grande parte para a factura energética anual para climatização e AQS, tendo as parcelas das facturas de climatização de arrefecimento e AQS um peso muito pouco significativo;

h) O parâmetro da redução anual da factura energética é inversamente proporcional ao valor do período de retorno simples, enquanto que o custo acrescido de investimento varia proporcionalmente com o mesmo;

i) O menor período de retorno simples corresponde a uma boa classe energética e a baixas emissões de CO_2.

10.2. Recomendações para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, seria interessante complementar o presente caso de estudo:

a) Alterando parâmetros agora tomados como constantes, nomeadamente, os colectores solares, a taxa de renovação do ar e as soluções arquitectónicas, bem como efectuar o mesmo estudo para edifícios já existentes (mais antigos);

b) Analisar outros sistemas de climatização que impliquem o fraccionamento da energia, traduzindo-se na possibilidade de utilização em simultâneo de dois sistemas, sendo que um deles poderia resultar total ou parcialmente do apoio solar ou outra fonte de energia renovável (Sistemas de baixa temperatura).

Referências Bibliográficas

[1] ABREU, Catarina F. C. - O ambiente interior e a saúde dos ocupantes de edifícios de habitação, Dissertação de Mestrado, UBI, Julho de 2010

[2] Alterações climáticas, energias renováveis – Protocolo de Quioto vantagens (2009). Acedido em 14 de Janeiro de 2010 em:

http://www.portal-energia.com/protocolo-de-quioto/

[3] Apresentação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. Acedido em 20 de Fevereiro de 2010 em: http://www.adene.pt/ADENE/Canais/SubPortais/SCE/Apresentacao/Enquadramentoeobjectivos/Enquadramento+e+objectivos.htm

[4] Casa Certificada. Acedido em 10 de Janeiro de 2010 em: http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=310&Itemid=331&lang=pt

[5] Certificação Energética e da Qualidade do A Interior em Edifícios. Acedido em 3 de Junho de 2010 em:

http://www.edp.pt/pt/empresas/servicosenergia/eficienciaenergetica/Pages/Certifica%C3%A7%C3%A3oEnerg%C3%A9tica.aspx

[6] Certificação Energética Edifícios (2009). Acedida em 14 de Maio de 2010 em: http://www.certiene.pt/pages/

[7] Damas, M., Leal, V. e Fernandes, E. Um exercício exploratório sobre a evolução do sistema energético em Portugal: consequências na evolução de emissões de GEE. Acedido em 28 de Janeiro de 2010 em: http://www.apea.pt/xFiles/scContentDeployer_pt/docs/Doc149.pdf

[8] Decreto–Lei n.º 40/1990, de 6 de Fevereiro, que aprova o Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Diário da República n.º 105, I Série-A

[9] Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, que implementa o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), Diário da República n.º 57, 2 Série-A

[10] Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, que aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), que veio substituir o DL n.º119/98, Diário da República n.º 57, 2 Série-A

[11] Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), substitui o DL 40/1990, Diário da República n.º 67, 1 Série-A

[12] Directiva 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Diário da República n.º 67 I Série-A, Comissão Europeia

[13] Directivas Comunitárias. Acedido em 10 de Janeiro de 2010 em:

http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/o-que-e-a-eficiencia-energetica/directivas-comunitarias

[14] Duarte, C., Hagatong, L.. Eficiência energética (2010). Acedido em 20 de Janeiro de 2010, em:

http://www.schneiderelectric.pt/portugal/pt/empresa/noticias/visualizador-de noticias.page?c_filepath=/templatedata/Content/News/data/pt/local/corporate/general_information/2010/04/20100401_eficiencia_energetica.xml

[15] Eficiência energética: desempenho energético dos edifícios (2007). Acedido em 28 de Janeiro de 2010, em: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27042_pt.htm

[16] Energias Renováveis – O que são?. Acedido em 14 de Maio de 2010 em: http://www.apren.pt/gca/?id=47

[17] Energias Renováveis. Acedido em 5 de Junho de 2010 em: http://www.ageneal.pt/content01.asp?BTreeID=00/01&treeID=00/01&newsID=8

[18] ENFORCE – Catálogo de Informação Técnica, 2000

[19] FAQ – Perguntas frequentes. Acedido em 20 de Fevereiro de 2010 em: http://www.certificacaoenergetica.com/informacao/faq/

[20] Fundicalor - Catálogo de Informação Técnica

[21] Isolani, P., Comini, R., Clement, F., Puente, F., Orlandi, A., Oliveira, I., Lima, P. E Beirão, D. (2008). Eficiência Energética nos edifícios residenciais. Edições Deco, Lisboa

[22] JUNKERS – Catálogo de Informação Técnica, 2009

[23] Legislação e Obrigatoriedade da Certificação Energética em Edifícios. Acedido em 14 de Maio de 2010 em: http://www.lothimo.com/docs/Certificacao_energetica.pdf

[24] Lima, B., Barreiros, A. e Barreiros, A. (2002). Projecto de um Sistema de Ar Condicionado do Museu Marítimo e Regional de Ílhavo. Acedido em 20 de Fevereiro de 2010 em: http://www.dem.ist.utl.pt/~m_pta/pdf/60projecto.pdf

[25] Piedade, A., Rodrigues, A. e Roriz, L. – Climatização em Edifícios, Envolvente e Comportamento Térmico. Edições Orion, 1ª Edição, 2000

[26] Plano de Acção para a Eficiência Energética (2008). Acedido em 10 de Janeiro de 2010 em: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27064_pt.htm

[27] Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (2010). Acedido em 28 de Maio de 2010 em: http://www.adene.pt/ADENE/Canais/PNAEE/Enquadramento.htm

[28] Projecto de Climatização (2006). Acedido em 20 de Fevereiro de 2010 em: http://www.eng.eseig.ipp.pt/ecoclimat2006/apresentacoes/2_projectoClimatiza%C3%A7%C3%A3o%2006-2006.pdf

[29] Protocolo de Quioto celebra aniversário (2010). Acedido em 20 de Fevereiro de 2010 em:

http://www.tvi24.iol.pt/ambiente/ambiente-quito-aniversario-pedro-barata-tvi24/1139744-4070.html

[30] Protocolo de Quioto: Quercus avalia prestação portuguesa (2010). Acedido em 10 de Maio de 2010 em:

http://yourwebapps.com/WebApps/mail-list-archive.cgi?list=65673;newsletter=1896

[31] RCM - Resolução do Concelho de Ministros n.º 104/2006 de 31 de Julho, Relatório síntese do Programa Nacional para as Alterações Climáticas, aprova o Programa Nacional para as Alterações Climáticas de 2006 (PNAC 2006) e revoga a Resolução do Concelho de Ministros n.º 119/2004. Diário da República n.º 162, Série I

[32] RCM - Resolução do Concelho de Ministros nº 169/2005 de 24 de Outubro de 2005, em que se estabelece uma Estratégia Nacional para a Energia, Diário da República n.º 204, 1 Série-B

[33] Santos, P., Casquiço, M., Ricardo, P., Simões, N., Gil, V. e Aelenei, L. (2009). Edifícios Existentes – Método de cálculo simplificado para a certificação energética. No âmbito do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Nota Técnica SCE 01 Comentada

[34] SANYO – Catálogo de Informação Técnica

[35] Tecnitrace - Catálogo de Informação Técnica

[36] Tirone, L. e Nunes, K. (2008). Construção Sustentável. 2ª edição, Edições Tirone Nunes, SA, Sintra

[37] VULCANO – Catálogo de Informação Técnica, 2006

[38] Warmup - Catálogo de Informação Técnica

[39] World business Council for Sustainable Development (2005). Sustentabilidade. Acedido em 14 de Janeiro de 2010, em: http://www.bcsdportugal.org/files/495.pdf

[40] Yannas, S. (1994). Solar energy and housing design – Volume 1: Principles, Objectives, Guidelines

[41] ZANTIA – Catálogo de Informação Técnica, 2009

Anexos

Anexo A

Cálculo Regulamentar do Edifício em Estudo: Memória Descritiva e Fichas de Licenciamento

Anexo A.1

Memória Descritiva do Edifício em Estudo

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA DE CÁLCULO

1 – Introdução

1.1 - Âmbito de aplicação

A memória descritiva e justificativa de cálculo que aqui se apresenta diz respeito ao relatório do estudo do comportamento térmico de uma fracção autónoma para habitação, constituída por uma moradia unifamiliar isolada de tipologia T5 (4 quartos e 1 escritório), localizada na freguesia da Conceição, concelho da Covilhã. A potência dos equipamentos de climatização (aquecimento ou arrefecimento) prevista será sempre igual ou inferior a 25 kW, pelo que a moradia se encontra no âmbito do RCCTE.

1.2 – Organização do relatório

O relatório inclui a memória descritiva e justificativa de cálculo com a descrição da fracção autónoma e a verificação do cumprimento da conformidade regulamentar, detalhando e justificando todas as opções de projecto, suportadas pelos elementos adicionais que se apresentam em anexo.

2 – Descrição da fracção autónoma

2.1 – Descrição geral e relação com a envolvente

Moradia unifamiliar isolada de tipologia T5, a edificar, com área útil de pavimento de 229,75 m^2 e pé-direito médio ponderado de 2,59 m, com dois pisos acima da cota da soleira e cave parcialmente enterrada com acesso pelo exterior. O rés-do-chão inclui a sala, cozinha, despensa, escritório, I.S., circulações interiores e caixa de escada com acesso à cave e ao 1.º andar. O 1.º andar inclui quatro quartos, duas I.S., um roupeiro e circulações interiores. A cave inclui uma zona de garagem, uma divisão para arrumos e uma casa de máquinas, e é fisicamente separada da caixa de escadas. O edifício localiza-se no concelho da Covilhã, freguesia da Conceição, na periferia da zona urbana, a uma altitude de 490 m (zona climática I3-V2N), com obstruções aos ganhos solares em toda a envolvente, em resultado de construções (moradias de 2 pisos) existentes ou previstas para o loteamento. A inércia térmica é forte e as soluções de isolamento térmico incluem, em todas as fachadas, paredes duplas de alvenaria de tijolo com isolante ocupando parcialmente a caixa-de-ar. A cobertura é inclinada, com placas tipo “sandwich”

de cor clara, formada por um desvão fracamente ventilado, não acessível, com isolante térmico sobre a laje de esteira. Os vãos envidraçados são simples, de caixilharia metálica com corte térmico, de classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo de baixa emissividade (colorido na massa de 6 mm + lâmina de ar de 16 mm + incolor de 5 mm), com protecção exterior com persianas de lâminas metálicas de cor clara (caixa de estore exterior), à excepção de dois vãos situados a Norte e quatro vãos localizados no alçado principal (Oeste), que não possuem protecção exterior. Para produção de AQS serão instalados 7,1 m^2 de colectores solares térmicos na cobertura (inclinação 35º, azimute Sul) e sistema de apoio com caldeira mural ventilada a gás natural. Para climatização (aquecimento e arrefecimento) será instalado um sistema VRV, tipo bomba de calor, composto por uma unidade exterior e oito unidades interiores tipo mural.

2.2 – Área útil e pé-direito médio

A área útil da fracção autónoma inclui todos os compartimentos, circulações interiores, instalações sanitárias e arrumos interiores, para os quais se requerem as condições de referência de conforto térmico, conforme definido no Artigo 14.º do RCCTE. O pé-direito corresponde ao valor ponderado em função da área de cada compartimento.

As medições efectuadas permitiram concluir que a fracção autónoma apresenta uma área útil de 229,75 m^2 e um pé-direito médio ponderado de 2,59 m.

2.3 – Dados climáticos

Para a localização e altitude do local, não houve necessidade de efectuar correcções para as estações de aquecimento e de arrefecimento previstas, respectivamente, nos Quadros III.2 e III.3. As correcções em função da distância à orla costeira não se aplicam ao concelho da Covilhã.

2.4 – Classe de inércia térmica

A fracção autónoma possui uma classe de inércia térmica FORTE.

Foram considerados os factores de correcção para os pavimentos que incluem revestimento superficial com pavimento flutuante, uma vez que a resistência térmica

deste pavimento (incluindo o feltro para subcamada) é de aproximadamente 0,17 m^2.ºC/W. O valor de It foi calculado de acordo com a Alínea 2 do Anexo VII do RCCTE, tendo-se obtido um total de 451,82 kg/m^2. De acordo com o Quadro VI.6 do RCCTE, sendo o valor de It superior a 400 kg/m^2, a classe de inércia térmica é considerada como sendo FORTE.

2.5 - Delimitação da envolvente da fracção autónoma

2.5.1 – Caracterização dos espaços não úteis

Para a delimitação da envolvente da fracção autónoma em análise foram assumidas as seguintes premissas relativamente aos espaços não úteis adjacentes:

<u>Cobertura sob desvão (laje de esteira horizontal)</u>

O desvão localizado superiormente à fracção autónoma em análise constitui um espaço não habitado, fracamente ventilado e não acessível, assumindo-se claramente como um espaço não útil. A relação Ai/Au é de 0,62. De acordo com a Tabela IV.1 do RCCTE, adopta-se um valor de τ =0,9.

<u>Cave parcialmente enterrada, com acesso a viaturas</u>

A cave, parcialmente enterrada, localiza-se inferiormente à fracção autónoma em análise e foi admitida como um espaço não útil, parcialmente destinado a garagem. A relação Ai/Au é de 4,42, conduzindo a um valor de τ =0,5 de acordo com a Tabela IV.1 do RCCTE.

<u>Cave parcialmente enterrada, destinada a arrumos</u>

A zona da cave destinada a arrumos tem uma relação Ai/Au é de 19,17, conduzindo a um valor de τ =0,3 de acordo com a Tabela IV.1 do RCCTE.

<u>Cave parcialmente enterrada, destinada a casa das máquinas</u>

A zona da cave destinada a casa das máquinas tem uma relação Ai/Au é de 0,45, conduzindo a um valor de τ =0,95 de acordo com a Tabela IV.1 do RCCTE.

<u>Coluna da Chaminé (lareira)</u>

A coluna da chaminé da lareira colocada na sala de estar desenvolve-se verticalmente pelo interior, apresentando, no entanto, uma das suas faces em contacto com o exterior. Assim, de acordo com as orientações preconizadas no documento da ADENE (*Perguntas & Respostas sobre o RCCTE, versão 1.3a de Abril de 2008*) este ducto (coluna) deverá ser considerado como um espaço não útil. Admitindo que o espaço será fortemente ventilado, deverá assumir-se um valor de τ =1.

<u>Coluna da Chaminé (exaustão da cozinha e da I.S)</u>

As colunas de exaustão da cozinha e da I.S. interior desenvolvem-se pelo interior do edifício e serão seccionadas ao nível dos pisos, portanto, não ventiladas. De acordo com as orientações preconizadas no documento da ADENE (*Perguntas & Respostas sobre o RCCTE, versão 1.5 de Março de 2009, página 16*) a existência destas "*courettes*" não ventiladas, pode ser desprezada para efeitos da verificação do RCCTE.

2.5.2 – Delimitação da envolvente

Na delimitação da envolvente foram considerados os elementos da envolvente exterior, os elementos da envolvente interior com requisitos de exterior (τ > 0,7), os elementos da envolvente interior com requisitos de interior (τ ≤ 0,7) e os elementos sem requisitos térmicos.

2.5.3 – Orientação das fachadas

O edifício apresenta uma planta aproximadamente rectangular, cujo maior eixo se desenvolve aproximadamente segundo um rumo de 98,28º (sistema sexagesimal, com referência ao Norte Cartográfico), pelo que a normal às superfícies das fachadas não se encontra rigorosamente definida segundo um dos oito pontos cardeais definidos nos elementos de consulta do RCCTE. Nesta medida, por exemplo, a normal à fachada posterior apresenta um rumo de 8,27º, situando-se entre os pontos cardeais E e SE, a 8,27º da orientação Este e a 36,73º da orientação SE, claramente mais próximo da primeira (Este).

Face ao exposto, para efeitos de consulta do RCCTE, assumiu-se que a fachada posterior se encontra na orientação Este, sendo que as restantes se encontram nas orientações Sul, Oeste e Norte.

2.6 – Propriedades térmicas dos elementos da envolvente opaca exterior

2.6.1 – Paredes exteriores

PRE1 - Parede exterior (Fachadas)

Parede exterior (PRE1) em alvenaria dupla, de 38 cm de espessura, com isolamento na caixa-de-ar, composta (do interior para o exterior) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(mºC); 2) tijolo furado (11 cm) com resistência térmica de 0,27 m^2.ºC/W; 3) isolante térmico XPS (6 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC); 4) espaço de ar não ventilado (2 cm) com resistência térmica 0,17 m^2.ºC/W; 5) tijolo furado (15 cm) com resistência térmica 0,39 m^2.ºC/W; 6) Reboco exterior em argamassa tradicional (2,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(mºC). Pontualmente terá revestimento exterior em pedra de granito bujardado, com resistência térmica equivalente ao reboco exterior. Todos os revestimentos exteriores serão de cor clara.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m^2]	44,29	42,87	21,67	28,36
U [W/(m^2.ºC)]	0,373	0,373	0,373	0,373

PRE2 – Parede exterior (Fachadas)

Parede exterior (PRE2) em alvenaria de tijolo e betão armado, de 38 cm de espessura, com isolante na caixa-de-ar, composta (do interior para o exterior) por: 1) reboco tradicional de argamassa de cimento (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(mºC); 2) tijolo furado (11 cm) com resistência térmica de 0,27 m^2.ºC/W; 3) isolante térmico XPS (6 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC); 4) parede resistente em betão armado (17 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,0 W/(mºC); 5) Reboco exterior em argamassa tradicional (2,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(mºC). Pontualmente terá revestimento exterior em pedra de granito bujardado, com resistência térmica equivalente ao reboco exterior. Todos os revestimentos exteriores serão de cor clara.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m^2]	1,61		0,11	0,11
U [W/(m^2.ºC)]	0,459		0,459	0,459

2.6.2 – Pontes térmicas planas inseridas em paredes exteriores

PPE1 - Ponte térmica plana (Vigas/pilares inseridos na parede PRE1)

Ponte térmica plana (viga/pilar) inserida na parede exterior PRE1, em alvenaria de tijolo e betão armado, de 38 cm de espessura, com isolante na caixa-de-ar, composta (do interior para o exterior) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,4 W/(mºC); 2) tijolo furado (4 cm) com resistência térmica de 0,10 m^2.ºC/W; 3) isolante térmico XPS (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC); 4) pilar ou viga em betão armado (25 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,0 W/(mºC); 5) Reboco exterior em argamassa tradicional (2,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(mºC). Pontualmente terá revestimento exterior em pedra de granito bujardado, com resistência térmica equivalente ao reboco exterior. Todos os revestimentos exteriores serão de cor clara.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m^2]	6,85	8,23	7,14	6,23
U [W/(m^2.ºC)]	0,652	0,652	0,652	0,652

PPE2 - Ponte térmica plana (Vigas/pilares inseridos na parede PRE1)

Ponte térmica plana (viga/pilar) inserida na parede exterior PRE1, em alvenaria de tijolo e betão armado, de 38 cm de espessura, com isolante na caixa-de-ar, composta (do interior para o exterior) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,4 W/(mºC); 2) tijolo furado (11 cm) com resistência térmica de 0,27 m^2.ºC/W; 3) isolante térmico XPS (6 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC); 4) pilar ou viga em betão armado (17 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,0 W/(mºC); 5) Reboco exterior em argamassa tradicional (2,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(mºC). Pontualmente terá revestimento

exterior em pedra de granito bujardado, com resistência térmica equivalente ao reboco exterior. Todos os revestimentos exteriores serão de cor clara.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m^2]	1,15		0,08	0,08
U [W/(m^2.ºC)]	0,454		0, 454	0, 454

PPE3 - Ponte térmica plana (Caixa de estore inserida na parede PRE1)

Ponte térmica plana (Caixa de estore) inserida na parede exterior PRE1, composta (do interior para a caixa de ar) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,4 W/(mºC); 2) placa de gesso cartonado (13 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(mºC); 3) isolante térmico XPS (2 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC); 4) aparas de madeira aglomeradas com cimento (8 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,23 W/(mºC); 5) isolante térmico EPS de alta densidade (33 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC). Pontualmente terá revestimento exterior em pedra de granito bujardado, com resistência térmica equivalente ao reboco exterior. Todos os revestimentos exteriores serão de cor clara.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m^2]	0,90	1,41	3,54	2,76
U [W/(m^2.ºC)]	0,550	0,550	0,550	0,550

2.6.3 – Portas exteriores

POE1 - Porta exterior (No acesso principal e cozinha)

Porta exterior (POE1) em chapa dupla de alumínio com isolante térmico (espuma rígida de poliuretano) no interior com 30 mm de espessura, sem envidraçados e com aplicação de borracha ou equivalente em todo o perímetro. O acabamento exterior é de cor clara.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m^2]				2,10
U [W/(m^2.ºC)]				1,02

2.6.4 – Coberturas exteriores

CBE1 - Cobertura exterior (localizada sobre a cozinha, na zona da varanda)

Cobertura exterior (CBE1), formada pela laje da varanda, com espessura total de 32 cm, composta (de cima para baixo) por: 1) ladrilhos cerâmicos (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(mºC); 2) argamassa de regularização não tradicional (1 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,0 W/(mºC); 3) tela de impermeabilização com betume (2 mm) e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,23 W/(mºC); 4) argamassa de regularização tradicional (4 cm) e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(mºC); 5) isolante térmico XPS (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC); 6) laje maciça de betão armado (armadura inferior a 1%, em volume) (20 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,00 W/(mºC); 7) estuque tradicional sem inertes (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(mºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Horizontal
Área [m^2]	3,49
Uasc. [W/(m^2.ºC)]	0,709
Udesc. [W/(m^2.ºC)]	0,675

CBE2 - Cobertura exterior (localizada sobre a sala)

Cobertura exterior (CBE2), formada por uma cobertura plana localizada sobre a sala, com espessura total de 28 cm, constituída (de cima para baixo) por: 1) reboco tradicional de argamassa de cimento (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(mºC); 2) tela de impermeabilização com betume (2 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,23 W/(mºC); 3) argamassa de regularização tradicional (2 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(mºC); 4) isolante térmico XPS (3 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC); 5) laje maciça de

betão armado (armadura inferior a 1%, em volume) (20 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,00 W/(mºC); 7) estuque tradicional sem inertes (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(mºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Horizontal
Área [m^2]	1,82
Uasc. [W/(m^2.ºC)]	0,893
Udesc. [W/(m^2.ºC)]	0,841

2.6.5 – Pavimentos exteriores

PVE1 - Pavimento exterior (localizado sobre o acesso à cave)

Pavimento exterior (PVE1), formado por uma laje de piso localizada sobre o acesso à garagem, com espessura total de 35 cm, constituído (de cima para baixo) por: 1) ladrilhos cerâmicos (1,5 cm) e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(mºC); 2) protecção pesada em argamassa tradicional (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(mºC); 3) betão de agregados leves de argila expandida (3 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,7 W/(mºC); 4) isolante térmico XPS (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC); 5) laje maciça de betão armado (armadura inferior a 1%, em volume) (20 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,00 W/(mºC); 6) reboco tradicional de argamassa de cimento (2,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/(mºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Horizontal
Área [m^2]	2,28
Uasc. [W/(m^2.ºC)]	0,706
Udesc. [W/(m^2.ºC)]	0,673

PVE2 - Pavimento exterior (localizado sob o quarto)

Pavimento exterior (PVE2), formado por uma laje de piso localizada sob um quarto, com espessura total de 35 cm, constituído (de cima para baixo) por: 1) pavimento flutuante (1,0 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,14 W/(m.ºC); 2) subcamada de

feltro (5 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,05 W/(m.ºC); 3) protecção pesada em argamassa tradicional (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(mºC); 4) betão de agregados leves de argila expandida (3 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,7 W/(mºC); 5) isolante térmico XPS (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(mºC); 6) laje maciça de betão armado (armadura inferior a 1%, em volume) (20 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,00 W/(mºC); 7) reboco tradicional de argamassa de cimento (2,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,30 W/(mºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Horizontal
Área [m^2]	0,90
Uasc. [W/(m^2.ºC)]	0,634
Udesc. [W/(m^2.ºC)]	0,607

2.6.6 – Pavimentos e paredes em contacto com o terreno

<u>**PVT1** - Pavimento em contacto com o terreno</u>

Laje de pavimento térreo (PVT1) constituída (de cima para baixo) por: 1) acabamento de piso em ladrilhos ou pavimento flutuante; 2) argamassa (4 cm); 3) betão de agregados leves "LECA" (8 cm); 4) isolante XPS (4 cm) numa faixa perimetral mínima de 2 metros; 5) manta geotextil; 6) tela de impermeabilização; 7) betão de regularização (4 cm); 8) camada drenante em enrocamento de granito britado; 9) manta geotextil; 10) solo compactado. O pavimento PVT1 apresenta desnível face ao terreno de 0,70 metros.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para os elementos em análise.

Elemento	Tabela	Z [m]	$R_{isol.}$ [m^2.ºC/W]	U [W/(m^2.ºC)]	L [m]	d [m]	e_p [m]	e_m [m]	B [m]	ψ [W/m.ºC]
PVT1	(*)	-2,05	1,08		> 2				2,60	0,00

(*) O RCCTE é omisso relativamente aos valores a adoptar e a tabela proposta na pág. 92 do documento da ADENE: P&R sobre o RCCTE, versão 1.5, não apresenta valores para Z < -1,20m, pelo que se admite que não existem perdas significativas.

PRT1 - Parede em contacto com o terreno

Parede em contacto com o terreno (PRT1), constituída (do interior para o exterior) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm); 2) tijolo furado de 11 cm; 3) isolante térmico XPS (6 cm); 4) parede resistente em betão armado (17 cm); 5) pintura com emulsão betuminosa; 6) dreno; 7) geotextil (1 cm); 8) terreno compactado no tardoz do muro.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Elemento	Tabela	Z [m]	$R_{isol.}$ [m^2.ºC/W]	U [W/(m^2.ºC)]	L [m]	d [m]	e_p [m]	e_m [m]	B [m]	Ψ [W/m.ºC]
PRT1	IV.2.2	-2,05		0,63					2,60	0,80

2.6.7 – Pontes térmicas lineares da envolvente exterior

Considerou-se a existência das seguintes pontes térmicas lineares da envolvente exterior:

PLB1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PAVIMENTO SOBRE ESPAÇO NÃO ÚTIL - Perímetro ao nível da laje de piso do rés-do-chão, com isolamento térmico repartido na caixa-de-ar da parede exterior e isolamento térmico sob a laje que confina com espaço não útil (cave).

PLB2- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PAVIMENTO SOBRE EXTERIOR- Perímetro ao nível da laje de piso do rés-do-chão e andar, com isolamento térmico repartido na caixa-de-ar da parede exterior e isolamento térmico sobre a laje que confina com o exterior, configurando uma situação não tipificada no Anexo IV do RCCTE. Para o psi superior adoptou-se o valor de 0,5 W/(mºC), em conformidade com o RCCTE para situações não tipificadas.

PLC1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PAVIMENTOS INTERMÉDIOS - Perímetro ao nível da laje de piso do 1.º andar, com isolamento repartido na caixa-de-ar da parede exterior acima e abaixo do nível da laje.

PLD1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM COBERTURA SOB DESVÃO NÃO ÚTIL - Perímetro ao nível da intersecção da laje de esteira horizontal (com isolamento térmico sobre a laje) com a parede exterior (com isolamento térmico repartido na parede dupla).

PLD2a- LIGAÇÃO DA FACHADA COM COBERTURA PLANA - Perímetro ao nível da intersecção da laje horizontal (com isolamento térmico sobre a laje) com a parede exterior (com isolamento térmico repartido na parede dupla).

PLD2b- LIGAÇÃO DA FACHADA COM COBERTURA PLANA - Perímetro ao nível da intersecção da laje horizontal (com isolamento térmico sobre a laje) com a parede exterior (com isolamento térmico repartido na parede dupla).

PLE1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM VARANDA - Ligação ao nível da laje de piso do 1.º andar, com isolamento térmico repartido na caixa-de-ar da parede exterior abaixo da laje e janela de sacada acima da laje, configurando uma situação não tipificada no Anexo IV do RCCTE para o psi superior. Para o psi superior adoptou-se o valor de 0,5 W/(mºC), em conformidade com o RCCTE para situações não tipificadas.

PLE2- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PALA - Ligação ao nível da laje de piso do 1.º andar, com isolamento térmico repartido na caixa-de-ar da parede exterior abaixo e acima da laje de piso

PLE3- LIGAÇÃO DA FACHADA COM VARANDA - Ligação ao nível da laje de piso do 1.º andar, com janela de sacada acima da laje de piso, configurando uma situação não tipificada no Anexo IV do RCCTE. Para o psi superior adoptou-se o valor de 0,5 W/(mºC), em conformidade com o RCCTE para situações não tipificadas.

PLE4- LIGAÇÃO DA FACHADA COM VARANDA - Ligação ao nível da laje de piso do 1.º andar, com isolamento térmico repartido na caixa-de-ar da parede exterior acima da laje de piso

PLE5- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PALA - Ligação ao nível da laje de piso do 1.º andar, com isolamento térmico repartido na caixa-de-ar da parede exterior abaixo e acima da laje de piso.

PLE6- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PALA - Ligação ao nível da laje de piso do 1.º andar, com isolamento térmico repartido na caixa-de-ar da parede exterior acima da laje de piso.

PLF1-LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES VERTICAIS - Intersecção de duas paredes verticais, ambas com isolamento térmico repartido na caixa-de-ar.

PLG1-LIGAÇÃO DA FACHADA COM CAIXA DE ESTORE - Ligação da fachada com caixa de estore que inclui isolante térmico de resistência igual ou superior a 0,50 m^2.ºC/W.

PLH1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PADIEIRA, OMBREIRA E PEITORIL - Ligação da caixilharia do vão envidraçado com a parede exterior através da interposição de padieira, ombreira e peitoril em pedra natural, sem contacto directo com o isolante, nem complanaridade entre ambos o envidraçado e o isolante. Existindo uma caixa de estore/padieira, cujas perdas térmicas lineares já foram contabilizadas em PLG1, as padieiras aqui consideradas (Desenho n.º 20 do Anexo IV - PLH1a) são apenas aquelas que não têm caixa de estore (incluindo o caso das portas), conforme sugerido no documento da ADENE (Perguntas & Respostas sobre o RCCTE, versão 1.5 de Março de 2009, página 49).

PLH2- LIGAÇÃO DA FACHADA COM SOLEIRA - Ligação da caixilharia do vão envidraçado de sacada com a parede exterior através da interposição de soleira em pedra natural, sem contacto directo com o isolante, nem complanaridade entre ambos o envidraçado e o isolante, configurando uma situação não tipificada na Tabela IV do RCCTE. Para o psi adoptou-se o valor de 0,5 W/(mºC), em conformidade com o RCCTE para situações não tipificadas.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para as pontes térmicas lineares:

Elemento	Tabela	Z [m]	$R_{isol.}$ [m^2.ºC/W]	U [W/(m^2.ºC)]	L [m]	d [m]	e_p [m]	e_m [m]	B [m]	Ψ [W/m.ºC]
PLB1	IV.3.B.r.2	---	---	---	---	---	0,33	---	32,45	0,675
PLB2	(1)	---	---	---	---	---	0,22	---	12,15	0,500
PLC1	IV.3.C.r	---	---	---	---	---	0,35	0,38	12,53	0,600
PLD1	IV.3.D.r	---	---	---	---	---	0,24	0,38	42,35	0,670
PLD2a	IV.3.D.r	---	---	---	---	---	0,22	0,38	6,40	0,630
PLD2b	IV.3.D.r	---	---	---	---	---	0,22	0,38	4,95	0,630
PLE1	IV.3.E.r(1)	---	---	---	---	---	0,35	0,38	1,88	0,950
PLE2	IV.3.E.r	---	---	---	---	---	0,35	0,38	5,05	0,900
PLE3	(1)	---	---	---	---	---	0,35	0,38	1,78	0,500
PLE4	IV.3.E.r	---	---	---	---	---	0,35	0,38	2,98	0,450
PLE5	IV.3.E.r	---	---	---	---	---	0,35	0,38	8,83	0,900
PLE6	IV.3.E.r	---	---	---	---	---	0,35	0,38	6,20	0,450
PLF1	IV.3.F.r	---	---	---	---	---	---	0,38	46,50	0,200
PLG1	IV.3.G.r	---	---	---	---	---	---	---	26,10	0,000
PLH1	IV.3.H.r	---	---	---	---	---	---	---	88,72	0,200
PLH2	IV.3.H.r(2)	---	---	---	---	---	---	---	9,70	0,500

(1) Adoptou-se psi superior de 0,5 W/(mºC), em conformidade com o RCCTE para situações não tipificadas.

(2) Adoptou-se psi de 0,5 W/(mºC), em conformidade com o RCCTE para situações não tipificadas.

2.7 – Propriedades térmicas dos elementos da envolvente opaca interior

2.7.1 – Paredes da envolvente interior

PRI1 - Parede em contacto com espaço não útil (coluna da chaminé)

Parede interior (PRI1) em contacto com espaço não útil (chaminé), em alvenaria de tijolo refractário isolada pelo interior, com espessura total de 16 cm, constituída (do interior para o espaço não útil) por: 1) placa de gesso cartonado (12 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(mºC); 2) isolante térmico em lã de rocha (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/(mºC); 3) tijolo maciço refractário (11 cm) com resistência térmica de 0,13 m^2.ºC/W.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	3,35
U [W/(m^2.ºC)]	0,695
Parâmetro τ do ENU	1,0

PRI2 - Parede em contacto com espaço não útil (cave - garagem)

Parede interior (PRI2) em contacto com espaço não útil (cave - garagem), em alvenaria de tijolo furado normal isolada pelo interior, com espessura total de 23 cm, composta (do interior para o espaço não útil) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.ºC); 2) placa de gesso cartonado (13 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.ºC); 3) isolante térmico XPS (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC); 4) tijolo cerâmico furado (15 cm) com resistência térmica de 0,39 m^2.ºC/W; 5) reboco em argamassa tradicional de cimento (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,80 W/(m.ºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	13,68
U [W/(m^2.ºC)]	0,547
Parâmetro τ do ENU	0,50

PRI3 - Parede em contacto com espaço não útil (cave - arrumos)

Parede interior (PRI3) em contacto com espaço não útil (cave - arrumos), em alvenaria de tijolo furado normal isolada pelo interior, com espessura total de 23 cm, composta (do interior para o espaço não útil) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.ºC); 2) placa de gesso cartonado (13 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.ºC); 3) isolante térmico XPS (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC); 4) tijolo cerâmico furado (15 cm) com resistência térmica de 0,39 m^2.ºC/W; 5) reboco em argamassa tradicional de cimento (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,80 W/(m.ºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	8,16
U [W/(m^2.ºC)]	0,547
Parâmetro τ do ENU	0,30

2.7.2 – Portas da envolvente interior

POI1 - Porta da envolvente interior (no acesso à cave - garagem)

Porta interior (POI1) de acesso à cave (garagem), em madeira maciça semi-densa de carvalho com 40 mm de espessura, sem envidraçados e com aplicação de borracha ou equivalente em todo o contorno.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	1,80
U [W/(m^2.ºC)]	2,074
Parâmetro τ do ENU	0,50

POI2 - Porta da envolvente interior (no acesso aos arrumos na cave)

Porta interior (POI2) de acesso à cave (arrumos), em madeira maciça semi-densa de carvalho com 40 mm de espessura, sem envidraçados e com aplicação de borracha ou equivalente em todo o contorno.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	1,80
U [W/(m^2.ºC)]	2,074
Parâmetro τ do ENU	0,30

2.7.3 – Pavimentos sobre espaços não úteis

PVI1 – Pavimento sobre espaço não útil (cave - garagem)

Pavimento interior (PVI1) localizado sobre espaço não útil (cave - garagem), com espessura total de 40 cm, composto (de cima para baixo) por: 1) ladrilhos cerâmicos (1,5 cm) e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.ºC); 2) argamassa de regularização (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(m.ºC); 3) betão de agregados leves de argila expandida (7 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,70 W/(m.ºC); 4) laje maciça de betão armado (armadura inferior a 1%, em volume) (20 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,00 W/(mºC); 5) isolante térmico XPS (6 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC); 6) placa de gesso cartonado (13 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.ºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	78,01
Uasc. [W/(m^2.ºC)]	0,475
Udesc. [W/(m^2.ºC)]	0,445
Parâmetro τ do ENU	0,50

PVI2 – Pavimento sobre espaço não útil (cave - arrumos)

Pavimento interior (PVI2) localizado sobre espaço não útil (cave - arrumos), com espessura total de 40 cm, constituído (de cima para baixo) por: 1) pavimento flutuante (1,0 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,14 W/(m.ºC); 2) subcamada de feltro (5 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,05 W/(m.ºC); 3) argamassa de regularização (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(m.ºC); 4) betão de agregados leves de argila expandida (7 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,70 W/(m.ºC); 5) laje maciça de betão armado (armadura inferior a 1%, em volume) (20 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,00 W/(mºC); 6) isolante

térmico XPS (6 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC); 7) placa de gesso cartonado (13 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.ºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	16,79
Uasc. [W/(m^2.ºC)]	0,440
Udesc. [W/(m^2.ºC)]	0,414
Parâmetro τ do ENU	0,30

PVI3 – Pavimento sobre espaço não útil (cave – arrumos

Pavimento interior (PVI3) localizado sobre espaço não útil (cave – arrumos), com espessura total de 40 cm, composto (de cima para baixo) por: 1) ladrilhos cerâmicos (1,5 cm) e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.ºC); 2) argamassa de regularização (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(m.ºC); 3) betão de agregados leves de argila expandida (7 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,70 W/(m.ºC); 4) laje maciça de betão armado (armadura inferior a 1%, em volume) (20 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,00 W/(mºC); 5) isolante térmico XPS (6 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC); 6) placa de gesso cartonado (13 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.ºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	0.41
Uasc. [W/(m^2.ºC)]	0,475
Udesc. [W/(m^2.ºC)]	0,445
Parâmetro τ do ENU	0,30

PVI4 – Pavimento sobre espaço não útil (cave – casa das máquinas)

Pavimento interior (PVI4) localizado sobre espaço não útil (cave – casa das máquinas), com espessura total de 40 cm, composto (de cima para baixo) por: 1) ladrilhos cerâmicos (1,5 cm) e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.ºC); 2) argamassa de regularização (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(m.ºC); 3) betão de agregados leves de argila expandida (7 cm) com coeficiente de condutibilidade

térmica de 0,70 W/(m.ºC); 4) laje maciça de betão armado (armadura inferior a 1%, em volume) (20 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,00 W/(mºC); 5) isolante térmico XPS (6 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC); 6) placa de gesso cartonado (13 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.ºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	3,45
Uasc. [W/(m^2.ºC)]	0,475
Udesc. [W/(m^2.ºC)]	0,445
Parâmetro τ do ENU	0,95

2.7.4 – Coberturas sob espaços não úteis

CBI1 – Cobertura sob espaço não útil (desvão)

Cobertura interior (CBI1) localizada sob desvão não útil fracamente ventilado, formando laje de esteira horizontal com espessura total de 38 cm, constituída (de cima para baixo) por: 1) protecção pesada em argamassa tradicional (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,80 W/(m.ºC); 2) isolante térmico XPS (10 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.ºC); 3) laje maciça de betão armado (armadura inferior a 1%, em volume) (20 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,00 W/(mºC); 4) estuque tradicional sem inertes (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.ºC).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m^2]	104,61
Uasc. [W/(m^2.ºC)]	0,324
Udesc. [W/(m^2.ºC)]	0,310
Parâmetro τ do ENU	0,90

2.7.5 – Pontes térmicas lineares da envolvente interior

Foram identificadas as seguintes situações de pontes térmicas lineares da envolvente interior em paredes que confinam com espaços não úteis com τ > 0,7:

PLI1i- LIGAÇÃO DA PAREDE DA CHAMINÉ COM A ZONA DO REGISTO NA BASE DA COLUNA - Perímetro ao nível da intersecção da parede da chaminé com o registo horizontal da chaminé, correspondente a uma situação não tipificada no RCCTE. Para o psi adoptou-se o valor de 0,5 W/(mºC), em conformidade com o RCCTE para situações não tipificadas.

PLF1i- LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES VERTICAIS – Intersecção da parede da chaminé com a fachada exterior.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para as pontes térmicas lineares da envolvente interior em paredes que confinam com espaços não úteis com τ > 0,7:

Elemento	Tabela	Z [m]	$R_{isol.}$ [m^2.ºC/W]	U [W/m^2.ºC]	L [m]	d [m]	e_p [m]	e_m [m]	B [m]	Ψ [W/m.ºC]	τ
PLI1i	(1)	---	---	---	---	---	---	---	1,86	0,50	1,00
PLF1i	IV.3.F.r	---	---	---	---	---	---	0,38	9,20	0,20	1,00

(1) Adoptou-se psi de 0,50 W/(mºC), em conformidade com o RCCTE para situações não tipificadas.

2.8 – Propriedades térmicas dos vãos envidraçados da envolvente exterior

2.8.1 – Identificação dos vãos envidraçados

A fracção autónoma em estudo possui um total de 21 vãos envidraçados, identificados individualmente com as siglas EEV1 a EEV21.

2.8.2 – Parâmetros dos vãos envidraçados

EEV1 a **EEV3 + EEV10 a EEV21** – Vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores verticais simples, inseridos nas fachadas Norte (cozinha e quarto), Sul (sala e I.S.), Este (quartos, sala e cozinha) e Oeste (escritório e quartos), com caixilharia metálica com corte térmico, da classe 3 quanto à permeabilidade ao ar, com vidro duplo de baixa emissividade (colorido na massa de 6 mm + lâmina de ar de 16 mm + incolor de 5 mm) sem quadrícula e protecção exterior com persianas de lâminas metálicas de cor clara (caixa de estore exterior), com factor solar de 0,04 com o sistema de protecção 100% activo e Uwdn de 2,3 W/(m^2.ºC).

Tratando-se de uma habitação com ocupação nocturna importante, com vãos envidraçados dotados de sistema de oclusão, foi quantificado o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite recorrendo à publicação do LNEC ITE50. Admitiu-se na estimativa de Uwdn que o sistema de oclusão nocturna confere baixa permeabilidade ao ar quando encerrado.

Os parâmetros geométricos necessários para a quantificação dos ganhos térmicos solares pelos vãos envidraçados nas estações de aquecimento e de arrefecimento foram obtidos a partir das peças desenhadas.

Para a determinação do factor solar do vão nas estações de aquecimento (Inverno) e de arrefecimento (Verão) foram efectuadas as devidas correcções tendo em conta que o factor solar do vidro é de 0,50. As correcções efectuadas foram as seguintes:

a) Estação de aquecimento (Inverno):

Factor solar do vidro: $g_{\perp v}$ = 0,50

Factor solar do vão: $g_{\perp}$ = 0,50 (1)

(1) Uma vez que o factor solar do vidro é, por si só, inferior ao do vidro duplo incolor corrente com cortina, não se considerou a existência de cortina.

b) Estação de arrefecimento (Verão):

Factor solar do vidro: $g_{\perp v}$ = 0,50

Factor solar do vão com sistema 100% activo: $g_{\perp 100\%}$ = 0,04

Factor solar do vão: $g_{\perp}$ = 0,30 x 0,50 + 0,70 x 0,04 = 0,178

Os Quadros seguintes resumem os valores obtidos para estes elementos.

Identificação	Área total, em [m^2]	U_{wdn}, em [W/(m^2.ºC)]
EEV1 a **EEV3 +** **EEV10** a **EEV21**	39,95	2,30

EEV4 a **EEV9** – Vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores verticais simples, inseridos nas fachadas Norte (caixa de escadas) e Oeste (hall e I.S.), com caixilharia metálica com corte térmico, da classe 3

quanto à permeabilidade ao ar, com vidro duplo de baixa emissividade (colorido na massa de 6 mm + lâmina de ar de 16 mm + incolor de 5 mm) sem quadrícula e sem protecção exterior, com factor solar de 0,50 com o sistema de protecção 100% activo e Uw de 3,0 W/(m^2.ºC).

Não existindo sistema de oclusão nocturna adoptou-se o coeficiente de transmissão térmica simples. Os valores de Uw foram obtidos por consulta da publicação do LNEC ITE50.

Os parâmetros geométricos necessários para a quantificação dos ganhos térmicos solares pelos vãos envidraçados nas estações de aquecimento e de arrefecimento foram obtidos a partir das peças desenhadas.

Para a determinação do factor solar do vão nas estações de aquecimento (Inverno) e de arrefecimento (Verão), tendo em consideração que o factor solar do vidro é de 0,50 e que não existem sistemas de protecção, adoptaram-se as recomendações que constam no documento da ADENE (Perguntas & Respostas sobre o RCCTE, versão 1.5 de Março de 2009). Os valores adoptados foram os seguintes:

c) Estação de aquecimento (Inverno):

Factor solar do vidro: $g_{\perp v}$ = 0,50

Factor solar do vão: $g_{\perp}$ = 0,50 (1)

(1) Uma vez que o factor solar do vidro é, por si só, inferior ao do vidro duplo incolor corrente com cortina, não se considerou a existência de cortina.

d) Estação de arrefecimento (Verão):

Factor solar do vidro: $g_{\perp v}$ = 0,50

Factor solar do vão com sistema 100% activo: $g_{\perp 100\%}$ = 0,50

(não existem quaisquer sistemas de protecção)

Factor solar do vão: $g_{\perp}$ = 0,30 x 0,50 + 0,70 x 0,50 = 0,50

Todos os parâmetros relativos aos vãos envidraçados EEV4 a EEV9, podem ser consultados na ficha de elemento apresentada no Anexo III. Os Quadros seguintes resumem os valores obtidos para estes elementos.

Identificação	Área total, em [m^2]	U_w, em [W/(m^2.ºC)]
EEV4 a **EEV9**	5,36	3,00

2.9 – Parâmetros térmicos do sistema de climatização

Sistema VRV, tipo bomba de calor, composto por uma unidade exterior e oito unidades interiores tipo mural, instaladas nas divisões principais da fracção autónoma (sala de estar, cozinha, escritório e quartos). A potência total do sistema instalado será inferior a 25 kW, com eficiência em modo de aquecimento (COP) de 4,00 e arrefecimento (EER) de 3,00. O controlo dos equipamentos é realizado através de termóstatos instalados nas várias divisões.

Nota: Na fase de projecto não é especificada a marca e o modelo do equipamento para climatização nem a sua eficiência de conversão, assumindo-se por defeito os valores preconizados no n.º 2 do Artigo 18.º do RCCTE, nomeadamente, uma com eficiência em modo de aquecimento (COP) de 4,00 e arrefecimento (EER) de 3,00. A potência total do sistema a instalar será inferior ou igual a 25 kW.

2.10 - Parâmetros térmicos do sistema convencional de produção de AQS

O sistema de apoio convencional para AQS previsto em projecto é constituído por uma caldeira mural ventilada a gás natural com 23,6 kW de potência nominal e eficiência de 0,87 a 30% de carga nominal. Dispõe de ignição electrónica e modulação automática de chama. O controlo do equipamento é efectuado através de um mostrador digital LCD que permite regular facilmente a temperatura pretendida, assim como obter informações sobre possíveis anomalias de funcionamento. A tubagem de distribuição de AQS terá isolante térmico em espuma elastomérica à base de borracha sintética com espessura superior a 10 mm.

2.11– Parâmetros do sistema de aproveitamento de energias renováveis

Sistema solar térmico individual de circulação forçada, composto por 3 colectores solares planos TiSUN FM-S, ou equivalente, perfazendo uma área total de 7,1 m^2, instalado na cobertura inclinada com azimute de 0º e inclinação de 35º, não existindo obstruções assinaláveis no horizonte. O depósito de acumulação possui 500 litros de capacidade

com permutador de calor em serpentina, com eficácia de 55%, localizado no interior da fracção e instalado na posição vertical, construído em aço vitrificado e possuindo isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano com espessura de 50 mm. A contribuição anual dos colectores solares foi calculada com recurso ao programa Solterm do INETI e será de Esolar = 3804 kWh. Os colectores são certificados pela CERTIF ou *Solar keymark* e serão instalados por instaladores credenciados pela DGEG e com garantia de manutenção e pleno funcionamento de pelo menos 6 anos após instalação.

2.12 – Parâmetros pertinentes da solução de ventilação

A ventilação é processada de forma natural, sem quaisquer dispositivos de admissão de ar na fachada. A fracção situa-se na Região A, na periferia de uma zona urbana (Rugosidade II), com uma altura ao solo média da fachada inferior a 10 m, resultando numa Classe de Exposição 2. A caixilharia possui classificação Classe 3 quanto à permeabilidade ao ar. A fracção não possui caixas de estore. As portas da fracção possuem vedação de frincha em todo o seu perímetro e a área envidraçada é superior a 15% da área de pavimento. Existe um exaustor na cozinha com funcionamento pontual, não cumprindo com a NP 1037-1, resultando numa taxa de renovação horária Rph= 0,85.

Os parâmetros adoptados em projecto para o cálculo da taxa de renovação de ar por ventilação natural foram os seguintes:

<u>Classe de exposição</u>

Classe de exposição 2 (Quadro IV.2 do RCCTE), considerando a altura acima do solo inferior a 10 m, e Rugosidade II

<u>Taxa de renovação de ar por ventilação natural</u>

Classe da Caixilharia: 3

Caixas de estore: não (1)

Classe de exposição: 2

Aberturas auto-reguladas: não

Área de envidraçados > (0.15xAp): sim

Portas exteriores bem vedadas: sim

Taxa de renovação nominal: **Rph** = **0,85**

(1) Os envidraçados serão recuados, razão pela qual não são consideradas as caixas de estore.

3- Verificação do cumprimento da conformidade regulamentar do edifício

3.1- Verificação do cumprimento dos requisitos mínimos de qualidade térmica

Todos os requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente foram cumpridos de acordo com o especificado no número 1 do Artigo 9.º do RCCTE, nomeadamente, os respeitantes aos coeficientes de transmissão térmica dos elementos opacos da envolvente (Quadro IX.1 do RCCTE) e os relativos ao factor solar dos vãos envidraçados (Quadro IX.2 do RCCTE), conforme atesta a Ficha N.º 3 do RCCTE apresentada no final do Anexo II. A este respeito, informa-se que foram adicionados alguns elementos complementares, visíveis na Ficha n.º 3, para um melhor esclarecimento da análise efectuada, nomeadamente, a relação entre as áreas dos envidraçados e dos compartimentos servidos por estes para verificação do limite de 5%, os valores de tau e, no caso das pontes térmicas planas, os dois valores de U máximo admissível definidos. À direita, na Ficha n.º 3, incluiu-se uma coluna que indica a conformidade do elemento face aos requisitos mínimos. A ventilação processa-se de forma natural, com Rph = 0,85 renovações por hora, tendo sido garantido o valor mínimo de 0,60 renovações por hora preconizado no RCCTE.

3.2- Verificação do cumprimento dos limites das necessidades energéticas

Como resultado da aplicação das folhas de cálculo para verificação detalhada (que constam no Anexo II), obtiveram-se os seguintes valores para as necessidades energéticas:

Fracção autónoma	Ap [m2]	Taxa renov. (Rph)
Moradia	**229,75**	**0,85**

Nic	Ni	Nvc	Nv	Nac	Na	Ntc	Nt
[kWh/(m^2.ano)]						[kgep/(m^2.ano)]	
89,72	**107,17**	**2,72**	**18,00**	**6,38**	**30,88**	**1,23**	**5,30**

Os resultados apresentados confirmam o cumprimento de todos os limites das necessidades energéticas exigidos pelo RCCTE.

3.3- Classe energética e taxa de emissão de CO_2

Complementarmente à análise efectuada, apresenta-se de seguida a classe energética da moradia (fracção autónoma) em análise, bem como a taxa de emissão de CO_2:

<u>Determinação da classe energética</u>

O parâmetro utilizado para aferir a classe energética é dado por: R= Ntc / Nt = 0,23

Sendo: R < 0,25, a fracção autónoma terá uma classe energética A^+

<u>Taxa de emissão de CO_2</u>

Emissões de CO_2 = Ntc x Ap x 0,0012, expresso em [ton CO_2/ano]

Onde: Ap é a área útil de pavimento, em [m^2]

Ntc é o valor das Nec. nominais globais de energia primária, em kgep/m^2.ano

O parâmetro 0,0012 corresponde à taxa de conversão: 0,0012 ton CO_2/kgep

A taxa anual estimada de emissão de CO_2 será de 0,34 toneladas

Da análise efectuada verifica-se que a moradia terá uma ***Classificação Energética A^+*** e uma emissão anual estimada de ***0,34 toneladas equivalentes de CO_2***.

4- Processo formal de licenciamento

Todos os elementos necessários ao processo formal de licenciamento são apresentados neste documento.

Anexo A.2
Peças Desenhadas
(Definição da Envolvente)

IMPLANTAÇÃO

	TOTAL
ÁREA DO TERRENO:	572.00 m2
ÁREA DE IMPLANTAÇÃO:	
(habitação)	134.60 m2
(telheiro)	35.50 m2
ÁREA DE LOGRADOURO:	401.90 m2
. zonas permeáveis (relva):	192.00 m2
. zonas impermeáveis (pavimento cerâmico):	209.90 m2
ÁREA BRUTA DE CONSTRUÇÃO:	
.CAVE: (garagem/arrumos)	137.70 m2
.RÉS-DO-CHÃO: (habitação)	134.60 m2
(terraço)	36.30 m2
.1º ANDAR: (habitação)	127.20 m2
(varandas)	15.80 m2
nº de pisos:	-1/+2
Muros de vedação - 98.00 ml	
Limite do Loteamento:	— — —
Limite do Lote:	— — —
Rede Eléctrica	ver loteamento
Rede de Esgotos c/ Ramal	ver loteamento
Rede de Água c/ Ramal	ver loteamento

Arquitectura e Engenharia
Av Anil . lt 2 . lj 4 (apartado 412) 6200-502 Covilhã
Email: urbitraco@gmail.com
Telf.Fax: 275 325 086

Requerente

Localização

Fase/Tipologia
PROJECTO TÉRMICO

Conteúdo da Folha
Planta de implantação

Desenhou: Pedro Sena
Arquivo
Desenho nº: 01
Escalas
Técnico Responsável

Planta do Rés-do-chão

Planta do Rés-do-chão (Definição da envolvente)

LEGENDA (envolvente):

- Envolvente exterior
- Envolvente interior com requisitos de exterior
- Envolvente interior com requisitos de interior
- Envolvente sem requisitos (acima do patamar de escadas)
- Em planta o pavimento (com a respectiva cor)
- Em planta a cobertura (com a respectiva cor)

Arquitectura e Engenharia
Av Anil . lt 2 . lj 4 (apartado 412) 6200-502 Covilhã
Email: urbitraco@gmail.com
Telf.Fax: 275 325 086

Requerente

Localização

Fase/Tipologia
PROJECTO TÉRMICO
Moradia Unifamiliar

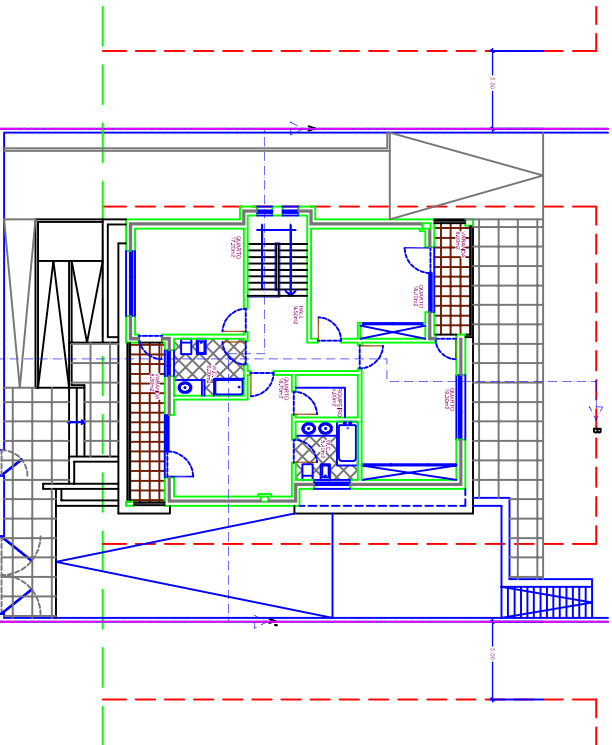
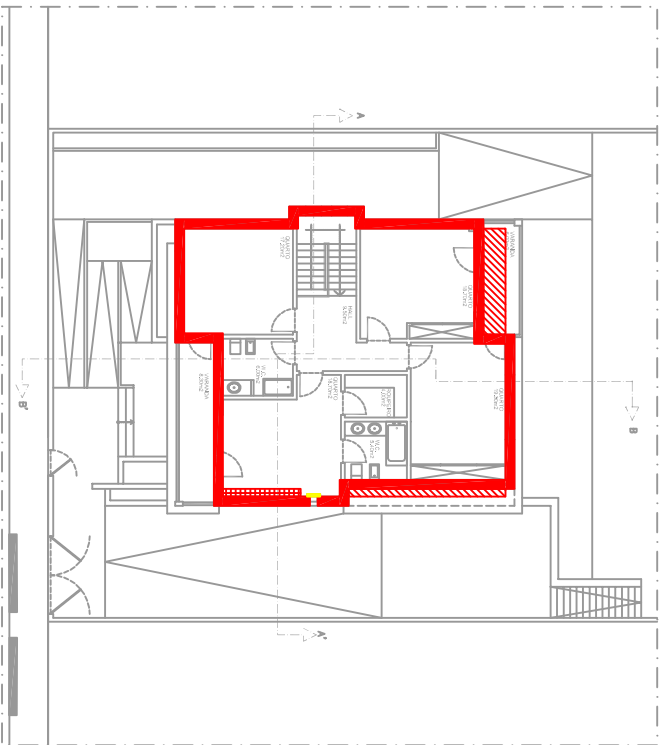
Conteúdo da Folha
Definição da envolvente
Rés-do-Chão

Desenhou: Marco Henriques / André Oliveira

Arquivo

Desenho nº 03

Escalas

Técnico Responsável

Planta do 1º Andar

Planta do 1º Andar - Chão (Definição da envolvente)

LEGENDA (envolvente):

- Envolvente exterior
- Envolvente interior com requisitos de exterior
- Envolvente interior com requisitos de interior
- Envolvente sem requisitos (acima do patamar de escadas)
- Em planta o pavimento (com a respectiva cor)
- Em planta a cobertura (com a respectiva cor)

Arquitectura e Engenharia
Av Anil . lt 2 . lj 4 (apartado 412) 6200-502 Covilhã
Email: urbitraco@gmail.com
Telf.Fax: 275 325 086

Requerente

Localização

Fase/Tipologia
PROJECTO TÉRMICO
Moradia Unifamiliar

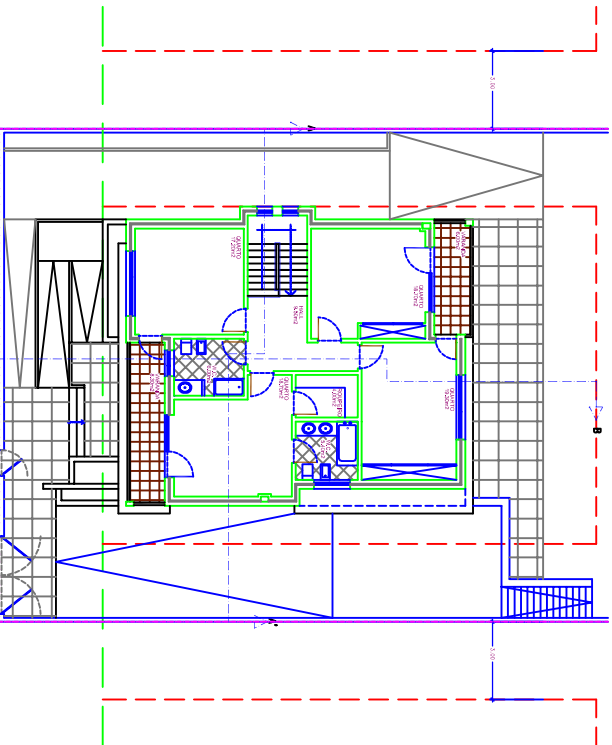
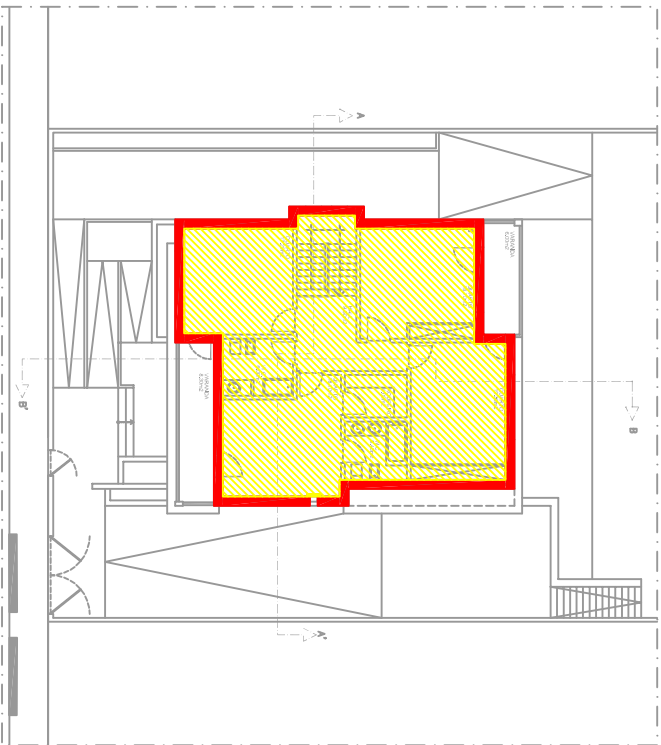
Conteúdo da Folha
Definição da envolvente
1º Andar - Chão

Desenhou: Marco Henriques / André Oliveira

Arquivo

Desenho nº: 04

Escalas

Técnico Responsável

Planta do 1º Andar

Planta do 1º Andar - Tecto (Definição da envolvente)

LEGENDA (envolvente):

- Envolvente exterior
- Envolvente interior com requisitos de exterior
- Envolvente interior com requisitos de interior
- Envolvente sem requisitos (acima do patamar de escadas)
- Em planta o pavimento (com a respectiva cor)
- Em planta a cobertura (com a respectiva cor)

Arquitectura e Engenharia
Av Anil . lt 2 . lj 4 (apartado 412) 6200-502 Covilhã
Email: urbitraco@gmail.com
Telf.Fax: 275 325 086

Requerente

Localização

Fase/Tipologia
PROJECTO TÉRMICO
Moradia Unifamiliar

Conteúdo da Folha
Definição da envolvente
1.º Andar - Tecto

Desenhou: Marco Henriques / André Oliveira
Arquivo: P1334
Desenho nº: 05
Escalas
Técnico Responsável

CORTE AA'

Cortes (Definição da envolvente)

LEGENDA (envolvente):

 Envolvente exterior

 Envolvente interior com requisitos de exterior

 Envolvente interior com requisitos de interior

Envolvente sem requisitos (acima do patamar de escadas)

 Em planta o pavimento (com a respectiva cor)

Em planta a cobertura (com a respectiva cor)

Arquitectura e Engenharia
Av Anil . lt 2 . lj 4 (apartado 412) 6200-502 Covilhã
Email: urbitraco@gmail.com
Telf.Fax: 275 325 086

Requerente

Localização

Fase/Tipologia
PROJECTO TÉRMICO
Moradia Unifamiliar

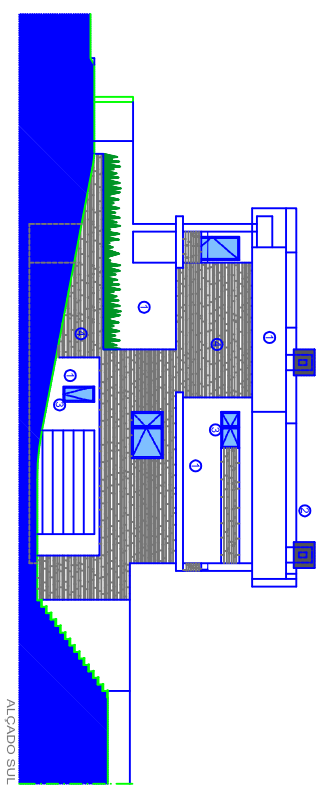
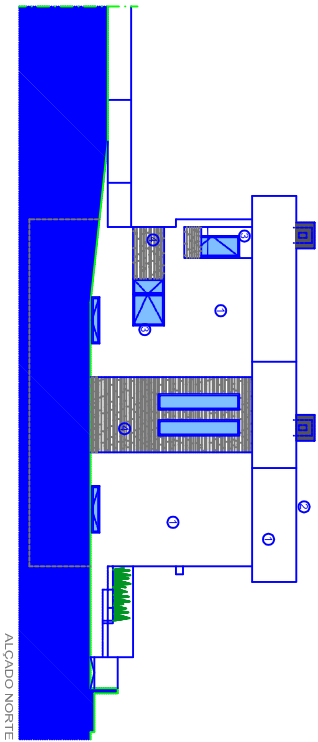
Conteúdo da Folha
Definição da envolvente
Corte A-A' e Corte B-B'

Desenhou	Arquivo	Desenho nº
Marco Henriques / André Oliveira		06
Escalas	Técnico Responsável	

ALÇADO NORTE

ALÇADO SUL

ALÇADO OESTE

ALÇADO ESTE

1. Reboco e esboço na cor branco
2. Cobertura em chapa tipo sandwich
3. Caixilharia em alumínio anodizado na cor natural
4. Parede revestida a pedra de granito bujardado

Arquitectura e Engenharia
Av Anil . lt 2 . lj 4 (apartado 412) 6200-502 Covilhã
Email: urbitraco@gmail.com
Telf.Fax: 275 325 086

Requerente

Localização

Fase/Tipologia
PROJECTO TÉRMICO
Moradia Unifamiliar

Conteúdo da Folha
Definição da envolvente
Alçados

Desenhou: Marco Henriques / André Oliveira

Arquivo

Desenho nº: 07

Escalas

Técnico Responsável

Anexo A.3

Fichas de Licenciamento do Edifício em Estudo

Mapa de valores nominais para o edifício

(Nos termos da alínea *a)* do n.º 2 do artigo 12.º)

Altitude (m): 490 | Zona climática de Inverno: **I3** | Zona climática de Verão: **V2N**

Duração da estação de aquecimento, M (meses): 7,3

N.º de Graus-dias, GD_{20} (ºC.dia): 2250

Temperatura externa de projecto de Verão (ºC): 32,0

Fracção autónoma n.º	Ap [m2]	Taxa renov. (Rph)	Nic	Ni	Nvc	Nv	Nac	Na	Ntc	Nt
			[kWh/(m^2.ano)]						[kgep/(m^2.ano)]	
Moradia	229,75	0,85	89,72	107,17	2,72	18,00	6,38	30,88	1,23	5,30

FICHA N.º 2 do RCCTE

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

Levantamento dimensional de cada fracção autónoma ou corpo de um edifício

(Nos termos da alínea *b)* do n.º 2 do artigo 12.º)

Edifício (FA): **Moradia unifamiliar**

Área útil de pavimento (Ap), em m²: **229,75**

Pé-direito médio ponderado (Pd), em m: **2,59**

Elementos da envolvente em zona corrente

	A [m²]	U [W/(m².ºC)]
a) Pavimentos:		
a.1) Sobre o exterior:		
PVE1- Laje de pavimento constituída (de cima para baixo) por ladrilhos cerâmicos (1,5 cm), argamassa (4 cm), betão de agregados leves de argila expandida (3 cm), isolante térmico XPS (4 cm), laje maciça de betão armado (20 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).	2,28	0,67
PVE2- Laje de pavimento constituída (de cima para baixo) por pavimento flutuante (1,5 cm), argamassa (4 cm), betão de agregados leves de argila expandida (3 cm), isolante térmico XPS (4 cm), laje maciça de betão armado (20 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).	0,90	0,61
0	0,00	0,00
0	0,00	0,00
a.2) Sobre área não útil:		
PVI1- Pavimento constituído (de cima para baixo) por acabamento de piso em ladrilhos (1,5 cm), argamassa de baixa retracção (4 cm), betão de agregados leves "LECA" (7 cm), laje maciça de betão armado (20 cm), isolante térmico XPS (6 cm) e placa de gesso cartonado (13 mm).	78,01	0,45
PVI2- Pavimento constituído (de cima para baixo) por pavimento flutuante (1,5 cm), argamassa de baixa retracção (4 cm), betão de agregados leves "LECA" (7 cm), laje maciça de betão armado (20 cm), isolante térmico XPS (6 cm) e placa de gesso cartonado (13 mm).	16,79	0,41
PVI3- Pavimento constituído (de cima para baixo) por acabamento de piso em ladrilhos (1,5 cm), argamassa de baixa retracção (4 cm), betão de agregados leves "LECA" (7 cm), laje maciça de betão armado (20 cm), isolante térmico XPS (6 cm) e placa de gesso cartonado (13 mm).	0,45	0,45
PVI4- Pavimento constituído (de cima para baixo) por acabamento de piso em ladrilhos (1,5 cm), argamassa de baixa retracção (4 cm), betão de agregados leves "LECA" (7 cm), laje maciça de betão armado (20 cm), isolante térmico XPS (6 cm) e placa de gesso cartonado (13 mm).	3,45	0,45
0	0,00	0,00
Total:	101,88	
b) Paredes:		
b.1) Exteriores:		
Conforme descritas no Quadro I	146,32	**Quadro I**
b.2) Interiores:		
PRI1- Parede constituída (do interior para o exterior) por placa de gesso cartonado (12 mm), isolante térmico em lã de rocha (MW) com 4 cm de espessura e tijolo maciço a meia vez (11 cm).	3,35	0,70
PRI2- Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo cerâmico furado 30x20x20 ao cutelo (20 cm) e reboco em argamassa tradicional (1,5 cm).	13,68	0,55
PRI3- Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo cerâmico furado 30x20x20 ao cutelo (20 cm) e reboco em argamassa tradicional (1,5 cm).	8,16	0,30
Total:	171,51	
c) Pontes térmicas planas:		
c.1) Na envolvente exterior:		
PPE1- Ponte térmica plana (viga/pilar) em PRE1, constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (4 cm), isolante térmico XPS (4 cm), pilar ou viga em betão armado (25 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).	28,44	0,65
PPE2- Ponte térmica plana (viga/pilar) em PRE1, constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (11 cm), isolante térmico XPS (6 cm), pilar ou viga em betão armado (17 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).	1,30	0,45
PPE3- Ponte térmica plana (cx de estore) em PRE1, constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), gesso cartonado (1,3 cm), isolante térmico XPS (2 cm), aparas de madeira aglomeradas com cimento (8 mm), isolante térmico EPS de alta densidade (33 mm).	8,61	0,55
0	0,00	0,00
c.1) Na envolvente interior:		
0	0,00	0,00
0	0,00	0,00
0	0,00	0,00
Total:	38,35	
d) Coberturas:		
d.1) Em terraço:		
CBE1- Laje horizontal constituída (de cima para baixo) por ladrilhos cerâmicos (1,5 cm), argamassa de regularização (1 cm), tela de impermeabilização (2 mm), argamassa (4 cm), isolante térmico XPS (4 cm) , laje maciça de betão armado (20 cm) e estuque tradicional (1,5 cm).	3,49	0,71
CBE2- Laje horizontal constituída (de cima para baixo) por reboco de argamassa de cimento (2,5 cm), tela de impermeabilização (2 mm), argamassa (4 cm), isolante térmico XPS (4 cm) , laje maciça de betão armado (20 cm) e estuque tradicional (1,5 cm).	1,82	0,89
d2) Em desvão:		
d.2.1) Não ventilado:		
0	0,00	0,00
0	0,00	0,00
d.2.2) Ventilado:		
CBI1- Laje de esteira horizontal constituída (de cima para baixo) por argamassa pesada (4 cm), isolante térmico XPS (10 cm), argamassa de regularização (2 cm), laje maciça de betão armado (20 cm) e estuque tradicional sem inertes (1,5 cm).	104,61	0,32
0	0,00	0,00
d.3) Inclinadas:		
0	0,00	0,00
0	0,00	0,00
d.4) Sob área não útil:		
0	0,00	0,00
0	0,00	0,00
Total:	109,91	

Coeficientes de absorção (α)

a) Paredes exteriores:

Zona corrente:

Descrição	COEF. DE ABSORÇÃO α
PRE1 - Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (11 cm), isolante térmico XPS (6 cm), caixa de ar não ventilada (2 cm), tijolo furado (15 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm)	0,40
PRE2 - Parede dupla de alvenaria e betão, constituída (do interior para o exterior) por reboco de argamassa de cimento (1,5 cm), tijolo furado (11 cm), isolante térmico XPS (6 cm), parede de betão armado (17 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).	0,40
0	0,00
0	0,00

b) Coberturas exteriores:

Em terraço:

Descrição	α
CBE1- Laje horizontal constituída (de cima para baixo) por ladrilhos cerâmicos (1,5 cm), argamassa de regularização (1 cm), tela de impermeabilização (2 mm), argamassa (4 cm), isolante térmico XPS (4 cm) , laje maciça de betão armado (20 cm) e estuque tradicional (1,5 cm).	0,40
CBE2- Laje horizontal constituída (de cima para baixo) por reboco de argamassa de cimento (2,5 cm), tela de impermeabilização (2 mm), argamassa (4 cm), isolante térmico XPS (4 cm) , laje maciça de betão armado (20 cm) e estuque tradicional (1,5 cm).	0,40

Inclinadas:

Descrição	α
0	0,00
0	0,00

Elementos em contacto com o solo

a) Pavimentos:

Descrição	B [m]	ψ, [W/(m.ºC)]
PVT1- Laje térrea constituída (de cima para baixo) por acabamento de piso (1,5 cm), argamassa (4 cm), betão leve (8 cm), isolante XPS (4 cm), manta geotextil, impermeabilização, betão de regularização (4 cm), camada drenante em enrocamento, manta geotextil e solo compacto.	2,60	0,00
0	0,00	0,00
Total:	2,60	

b) Paredes:

Descrição	B [m]	ψ, [W/(m.ºC)]
PRT1- Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (11 cm), isolante térmico XPS (6 cm), caixa de ar não ventilada (2 cm), bloco de betão normal (15 cm), reboco de argamassa de cimento (2,5 cm), pintura com emulsão betuminosa, dreno, geotextil (1 cm) e terreno compactado no tardoz do muro.	2,60	0,80
0	0,00	0,00
Total:	2,60	

Pontes térmicas lineares

a) Ligação da fachada com pavimento:

Descrição	B [m]	ψ, [W/(m.ºC)]
a.1) Térreo:		
0	0,00	0,00
0	0,00	0,00
a.2) Intermédio:		
PLC1- Perímetro ao nível da laje de piso do 1.º andar, com isolamento repartido na caixa de ar da parede exterior acima e abaixo do nível da laje.	12,53	0,60
0	0,00	0,00
a.3) Sobre local não útil ou exterior:		
PLB1- Perímetro ao nível da laje de piso do rés-do-chão, com isolamento térmico repartido na caixa de ar da parede exterior e isolamento térmico sob a laje que confina com espaço não útil (cave).	32,45	0,68
PLB2- Perímetro ao nível da laje de piso do rés-do-chão e andar, com isolamento térmico repartido na caixa de ar da parede exterior e isolamento térmico sobre a laje que confina com o exterior.	12,15	0,50

b) Ligação da fachada com:

Descrição	B [m]	ψ, [W/(m.ºC)]
b.1) Cobertura:		
PLD1- Perímetro ao nível da intersecção da laje de esteira horizontal (com isolamento térmico sobre a laje) com a parede exterior (com isolamento térmico repartido na parede dupla).	42,35	0,67
PLD2a + PLD2b- Perímetro ao nível da intersecção da laje de cobertura plana (com isolamento térmico sobre a laje) com a parede exterior (com isolamento térmico repartido na parede dupla)	11,35	0,63
b.2) Varanda:		
PLE1- Ligação ao nível da laje de piso do 1.º andar, com isolamento térmico repartido na caixa de ar da parede exterior abaixo da laje e janela de sacada acima da laje, configurando uma situação não tipificada no Anexo IV do RCCTE para o psi superior*.	1,90	0,95
PLE2 + PLE5 - Ligação ao nível da laje de piso do 1.º andar, com isolamento térmico repartido na caixa de ar da parede exterior abaixo e acima da laje de piso.	13,88	0,90
b.3) Caixa de estore:		
PLG1- Ligação da fachada com caixa de estore que inclui isolante térmico de resistência igual ou superior a 0,50 m2.ºC/W.	26,10	0,00
0	0,00	0,00
b.4) Peitoril/padieira:		
PLH1- Ligação da caixilharia do vão envidraçado com a parede exterior através da interposição de padieira, ombreira e peitoril em pedra natural, sem contacto directo com o isolante, nem complanaridade entre ambos o envidraçado e o isolante.	88,72	0,20
PLH2- Ligação da caixilharia do vão envidraçado de sacada com a parede exterior através da interposição de soleira em pedra natural, sem contacto directo com o isolante, nem complanaridade entre ambos o envidraçado e o isolante, configurando uma situação não tipificada na Tabela IV do RCCTE.	9,70	0,50

c) Ligação entre duas paredes verticais:

Descrição	B [m]	ψ, [W/(m.ºC)]
PLF1- Intersecção de duas paredes verticais, ambas com isolamento térmico repartido na caixa de ar.	46,50	0,20
0	0,00	0,00

Quadro I

Paredes exteriores:

Descrição sumária e valor de **U** [W/(m².ºC)]	Áreas, (em m²) por orientação								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	**TOTAL**
PRE1 - Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (11 cm), isolante térmico XPS (6 cm), caixa de ar não ventilada (2 cm), tijolo furado (15 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm)	44,04	0,00	25,14	0,00	44,28	0,00	31,05	0,00	144,50
PRE2 - Parede dupla de alvenaria e betão, constituída (do interior para o exterior) por reboco de argamassa de cimento (1,5 cm), tijolo furado (11 cm), isolante térmico XPS (6 cm), parede de betão armado (17 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).	1,61	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	1,82
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Vãos envidraçados verticais:

Descrição e tipo de protecção solar	Áreas, (em m²) por orientação								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	**TOTAL**
EEV1 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	3,00
EEV2 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	3,00
EEV3 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
EEV4 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40
EEV5 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40
EEV6 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40
EEV7 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40
EEV8 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	1,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88
EEV9 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	1,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88
EEV10 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00	0,00	1,89
EEV11 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	1,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68
EEV12 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	0,00	0,00	2,16	0,00	0,00	0,00	2,16
EEV13 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,16
EEV14 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50
EEV15 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,70
EEV16 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,98
EEV17 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	1,20
EEV18 - Vão simples, com caixilharia metálica fixa com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68	0,00	1,68
EEV19 - Vão simples, com caixilharia metálica fixa com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80
EEV20 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00	2,10
EEV21 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	0,00	0,00	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Vãos envidraçados horizontais:

Descrição e tipo de protecção solar	Áreas, (em m²)
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00

FICHA N.º 3 do RCCTE

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

Demonstração de satisfação dos requisitos mínimos para a envolvente de edifícios

(Nos termos da alínea d*)* do n.º 2 do artigo 12.º)

Edifício: **Moradia unifamiliar**

Fracção autónoma: **Moradia unifamiliar**

Inércia térmica: **FORTE** | Zona climática de Inverno: **I3** | Zona clim. de Verão: **V2N**

a) Coeficientes de transmissão térmica (U), em W/(m^2.ºC):

	(valor de ζ)	Valores das soluções adoptadas	Valores máximos regulamentares	Situação
a.1) Fachadas exteriores				
PRE1 - Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (11 cm), isolante térmico XPS (6 cm), caixa de ar não ventilada (2 cm), tijolo furado (15 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm)		0,37	1,45	**VERIFICA**
PRE2 - Parede dupla de alvenaria e betão, constituída (do interior para o exterior) por reboco de argamassa de cimento (1,5 cm), tijolo furado (11 cm), isolante térmico XPS (6 cm), parede de betão armado (17 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).		0,46	1,45	**VERIFICA**
0		0,00	1,45	**VERIFICA**
0		0,00	1,45	**VERIFICA**
a.2) Coberturas exteriores				
Em terraço:				
CBE1- Laje horizontal constituída (de cima para baixo) por ladrilhos cerâmicos (1,5 cm), argamassa de regularização (1 cm), tela de impermeabilização (2 mm), argamassa (4 cm), isolante térmico XPS (4 cm) , laje maciça de betão armado (20 cm) e estuque tradicional (1,5 cm).		0,71	0,90	**VERIFICA**
CBE2- Laje horizontal constituída (de cima para baixo) por reboco de argamassa de cimento (2,5 cm), tela de impermeabilização (2 mm), argamassa (4 cm), isolante térmico XPS (4 cm) , laje maciça de betão armado (20 cm) e estuque tradicional (1,5 cm).		0,89	0,90	**VERIFICA**
Inclinadas:				
0		0,00	0,90	**VERIFICA**
0		0,00	0,90	**VERIFICA**
a.3) Pavimentos sobre o exterior				
PVE1- Laje de pavimento constituída (de cima para baixo) por ladrilhos cerâmicos (1,5 cm), argamassa (4 cm), betão de agregados leves de argila expandida (3 cm), isolante térmico XPS (4 cm), laje maciça de betão armado (20 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).		0,67	0,90	**VERIFICA**
PVE2- Laje de pavimento constituída (de cima para baixo) por pavimento flutuante (1,5 cm), argamassa (4 cm), betão de agregados leves de argila expandida (3 cm), isolante térmico XPS (4 cm), laje maciça de betão armado (20 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).		0,61	0,90	**VERIFICA**
0		0,00	0,90	**VERIFICA**
0		0,00	0,90	**VERIFICA**
a.4) Paredes interiores	**(valor de ζ)**			
PRI1- Parede constituída (do interior para o exterior) por placa de gesso cartonado (12 mm), isolante térmico em lã de rocha (MW) com 4 cm de espessura e tijolo maciço a meia vez (11 cm).	1,00	0,70	1,45	**VERIFICA**
PRI2- Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo cerâmico furado 30x20x20 ao cutelo (20 cm) e reboco em argamassa tradicional (1,5 cm).	0,50	0,55	1,90	**VERIFICA**
PRI3- Parede constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo cerâmico furado 30x20x20 ao cutelo (20 cm) e reboco em argamassa tradicional (1,5 cm).	0,30	0,55	1,90	**VERIFICA**
a.5) Coberturas interiores				
Sob área não útil:	**(valor de ζ)**			
0	0,00	0,00	1,20	**VERIFICA**
0	0,00	0,00	1,20	**VERIFICA**
Em desvão não ventilado:				
0	0,00	0,00	1,20	**VERIFICA**
0	0,00	0,00	1,20	**VERIFICA**
Em desvão ventiilado:				
CBI1- Laje de esteira horizontal constituída (de cima para baixo) por argamassa pesada (4 cm), isolante térmico XPS (10 cm), argamassa de regularização (2 cm), laje maciça de betão armado (20 cm) e estuque tradicional sem inertes (1,5 cm).	0,90	0,32	0,90	**VERIFICA**
0	0,00	0,00	1,20	**VERIFICA**
a.6) Pavimentos sobre espaços não úteis				
PVI1- Pavimento constituído (de cima para baixo) por acabamento de piso em ladrilhos (1,5 cm), argamassa de baixa retracção (4 cm), betão de agregados leves "LECA" (7 cm), laje maciça de betão armado (20 cm), isolante térmico XPS (6 cm) e placa de gesso cartonado (13 mm).	0,50	0,45	1,20	**VERIFICA**
PVI2- Pavimento constituído (de cima para baixo) por pavimento flutuante (1,5 cm), argamassa de baixa retracção (4 cm), betão de agregados leves "LECA" (7 cm), laje maciça de betão armado (20 cm), isolante térmico XPS (6 cm) e placa de gesso cartonado (13 mm).	0,30	0,41	1,20	**VERIFICA**
PVI3- Pavimento constituído (de cima para baixo) por acabamento de piso em ladrilhos (1,5 cm), argamassa de baixa retracção (4 cm), betão de agregados leves "LECA" (7 cm), laje maciça de betão armado (20 cm), isolante térmico XPS (6 cm) e placa de gesso cartonado (13 mm).	0,30	0,45	1,20	**VERIFICA**
PVI4- Pavimento constituído (de cima para baixo) por acabamento de piso em ladrilhos (1,5 cm), argamassa de baixa retracção (4 cm), betão de agregados leves "LECA" (7 cm), laje maciça de betão armado (20 cm), isolante térmico XPS (6 cm) e placa de gesso cartonado (13 mm).	0,95	0,45	0,90	**VERIFICA**
0	0,00	0,00	1,20	**VERIFICA**

FICHA N.º 3 do RCCTE

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

Demonstração de satisfação dos requisitos mínimos para a envolvente de edifícios

(Nos termos da alínea *d)* do n.º 2 do artigo 12.º)

Edifício: **Moradia unifamiliar**

Fracção autónoma: **Moradia unifamiliar**

Inércia térmica: **FORTE** — Zona climática de Inverno: **I3** — Zona climática de Verão: **V2N**

b) Factores solares dos envidraçados no Verão com o sistema de protecção 100% activo (g'⊥):

Descrição e tipo de protecção solar do envidraçado	Orient.	Aenv.	Ap (comp.)	Aenv/(Ap comp) %	Valores das soluções adoptadas	Valores máximos regulamentares	Situação
Verticais:							
EEV1 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	W	3,00	30,80	9,7%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV2 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	W	3,00	22,30	13,5%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV3 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	E	3,00	16,50	18,2%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV4 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	W	0,40	9,49	4,2%	0,09	Sem requisitos	**Sem requisitos**
EEV5 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	W	0,40	9,49	4,2%	0,09	Sem requisitos	**Sem requisitos**
EEV6 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	W	0,40	5,69	7,0%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV7 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	W	0,40	7,28	5,5%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV8 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	N	1,88	9,17	20,5%	0,09	Sem requisitos	**Sem requisitos**
EEV9 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, sem protecção exterior.	N	1,88	16,30	11,5%	0,09	Sem requisitos	**Sem requisitos**
EEV10 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	S	1,89	4,94	38,3%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV11 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	N	1,68	7,45	22,6%	0,09	Sem requisitos	**Sem requisitos**
EEV12 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	S	2,16	6,30	34,3%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV13 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	N	2,16	7,60	28,4%	0,09	Sem requisitos	**Sem requisitos**
EEV14 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	E	5,50	9,86	55,8%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV15 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	E	7,70	5,91	130,3%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV16 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	S	0,98	8,64	11,3%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV17 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	W	1,20	7,57	15,9%	0,09	0,56	**VERIFICA**
EEV18 - Vão simples, com caixilharia metálica fixa com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	W	1,68	12,38	13,6%	0,44	0,56	**VERIFICA**
EEV19 - Vão simples, com caixilharia metálica fixa com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	E	1,80	10,32	17,4%	0,44	0,56	**VERIFICA**
EEV20 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	W	2,10	10,30	20,4%	0,44	0,56	**VERIFICA**
EEV21 - Vão simples, com caixilharia metálica de abrir com corte térmico, classe 3, sem quadrícula, c/ vidro duplo colorido na massa + incolor 6+16+5 mm, cx de estore e protecção ext c/ persianas de lâminas metálicas de cor clara.	E	2,10	0,00	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	**#DIV/0!**
0		0,00	0,00	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	**#DIV/0!**
Horizontais:							
0	HOR	0,00	0,00	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	**#DIV/0!**
0	HOR	0,00	0,00	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	**#DIV/0!**
0	HOR	0,00	0,00	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	**#DIV/0!**
0	HOR	0,00	0,00	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	**#DIV/0!**

c) Pontes térmicas planas (coeficientes de transmissão térmica (U), em W/(m²·ºC):

Identificação da ponte térmica plana	**Umáx**	**2** x **U** da parede adjacente:	Valores das soluções adoptadas	Valores máximos regulamentares	Situação
Envolvente exterior:					
PPE1- Ponte térmica plana (viga/pilar) em PRE1, constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (4 cm), isolante térmico XPS (4 cm), pilar ou viga em betão armado (25 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).	1,45	0,94	0,65	0,94	**VERIFICA**
PPE2- Ponte térmica plana (viga/pilar) em PRE1, constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), tijolo furado (11 cm), isolante térmico XPS (6 cm), pilar ou viga em betão armado (17 cm) e reboco de argamassa de cimento (2,5 cm).	1,45	0,94	0,45	0,94	**VERIFICA**
PPE3- Ponte térmica plana (cx de estore) em PRE1, constituída (do interior para o exterior) por estuque tradicional (1,5 cm), gesso cartonado (1,3 cm), isolante térmico XPS (2 cm), aparas de madeira aglomeradas com cimento (8 mm), isolante térmico EPS de alta densidade (33 mm).	1,45	0,00	0,55	0,00	**NÃO VERIFICA**
0	1,45	0,00	0,00	0,00	**VERIFICA**
Envolvente interior:					
0	1,90	0,00	0,00	0,00	**VERIFICA**
0	1,90	0,00	0,00	0,00	**VERIFICA**
0	1,90	0,00	0,00	0,00	**VERIFICA**

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica plana:

- **X** Caixas de estore (se existirem)
- **X** Ligações entre paredes e vigas
- **X** Ligações entre paredes e pilares
- **X** Ligações entre paredes e lajes de pavimento
- **X** Ligações entre paredes e lajes de cobertura
- **X** Paredes e pavimentos enterrados
- **X** Montagem de caixilharias

Técnico responsável:

Nome:

Data: Assinatura:

Anexo B

Avaliação do Desempenho Energético das Soluções S1 a S10

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - SISTEMA PADRÃO S1
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 23,35 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 Pé-direito médio ponderado: 2,59 m Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 4,64 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **1,28** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,88** **CLASSE ENERGÉTICA: B-**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Resistências eléctricas (nº 6 do Artigo 15º do RCCTE)

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 1,00

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO: 2432** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Máquina frigorífica (nº 6 do Artigo 15º do RCCTE)

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 3,00

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO: 25** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Esquentador a gás natural (nº 6 do Artigo 15º do RCCTE)

Necessidades anuais de energia: 5365,5 kwh/ano Tipo de combustível: Gás natural Eficiência de conversão: 0,50

Factor de conversão de energia: 0,0570 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS: 306** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: 2763 Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: 230 Euros/mês

Aquecimento: **88,0%** Arrefecimento: **0,9%** Água quente sanitária: **11,1%**

Notas:
Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA
A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - Solução S2
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 4,45 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 Pé-direito médio ponderado: 2,59 m Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 0,96 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **0,27** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,18** **CLASSE ENERGÉTICA:** **A+**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Bomba de calor eléctrica

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 4,61

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO:** **528** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Bomba de calor eléctrica

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 4,64

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO:** **16** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Caldeira mural a gás natural

Necessidades anuais de energia: 1022,1 kwh/ano Tipo de combustível: Gás natural Eficiência de conversão: 0,95

Factor de conversão de energia: 0,0570 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS:** **58** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **602** Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **50** Euros/mês

Aquecimento: **87,7%** Arrefecimento: **2,6%** Água quente sanitária: **9,7%**

Notas:

Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA

A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - Solução S3
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 8,39 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 Pé-direito médio ponderado: 2,59 m Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 3,01 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **0,83** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,57** **CLASSE ENERGÉTICA: B**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Bomba de calor eléctrica

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 4,61

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO: 528** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Bomba de calor eléctrica

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 4,64

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO: 16** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Termoacumulador eléctrico

Necessidades anuais de energia: 1927,0 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 0,80

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS: 227** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: 771 Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: 64 Euros/mês

Aquecimento: **68,4%** Arrefecimento: **2,1%** Água quente sanitária: **29,5%**

Notas:

Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA
A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - Solução S4
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 1,06 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 Pé-direito médio ponderado: 2,59 m Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 0,89 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **0,25** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,17** **CLASSE ENERGÉTICA:** **A+**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Bomba de calor eléctrica

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 4,61

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO:** **528** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Bomba de calor eléctrica

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 4,64

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO:** **16** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Bomba de calor

Necessidades anuais de energia: 244,0 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 3,20

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS:** **29** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **572** Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **48** Euros/mês

Aquecimento: **92,2%** Arrefecimento: **2,8%** Água quente sanitária: **5,0%**

Notas:

Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA

A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - Solução S5
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 6,38 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 Pé-direito médio ponderado: 2,59 m Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 1,46 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **0,40** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,28** **CLASSE ENERGÉTICA:** **A**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Caldeira mural a combustível gasoso (gás butano) para aquecimento e AQS instantânea

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano Tipo de combustível: Gás butano Eficiência de conversão: 0,87

Factor de conversão de energia: 0,1310 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO:** **3104** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Máquina figorífica (nº 6 do Artigo 15º do RCCTE)

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 3,00

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO:** **25** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Caldeira mural a combustível gasoso (gás butano) para aquecimento e AQS instantânea

Necessidades anuais de energia: 1465,8 kwh/ano Tipo de combustível: Gás butano Eficiência de conversão: 0,87

Factor de conversão de energia: 0,1310 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS:** **192** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **3320** Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **277** Euros/mês

Aquecimento: **93,5%** Arrefecimento: **0,7%** Água quente sanitária: **5,8%**

Notas:

Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA
A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - Solução S6
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 6,38 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 Pé-direito médio ponderado: 2,59 m Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 1,46 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **0,40** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,28** **CLASSE ENERGÉTICA:** **A**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Caldeira mural a combustível gasoso (gás natural) para aquecimento e AQS instantânea

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano Tipo de combustível: Gás natural Eficiência de conversão: 0,87

Factor de conversão de energia: 0,0570 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO:** **1350** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Máquina figorífica (nº 6 do Artigo 15º do RCCTE)

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 3,00

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO:** **25** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Caldeira mural a combustível gasoso (gás natural) para aquecimento e AQS instantânea

Necessidades anuais de energia: 1465,8 kwh/ano Tipo de combustível: Gás natural Eficiência de conversão: 0,87

Factor de conversão de energia: 0,0570 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS:** **84** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **1459** Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **122** Euros/mês

Aquecimento: **92,6%** Arrefecimento: **1,7%** Água quente sanitária: **5,7%**

Notas:

Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA
A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - Solução S7
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 1,75 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 Pé-direito médio ponderado: 2,59 m Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 0,88 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **0,24** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,17** **CLASSE ENERGÉTICA: A+**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Caldeira mural de condensação a gás natural para aquecimento e AQS instantânea

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano Tipo de combustível: Gás natural Eficiência de conversão: 1,09

Factor de conversão de energia: 0,0570 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO: 1078** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Máquina figorífica (nº 6 do Artigo 15º do RCCTE)

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 3,00

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO: 25** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Caldeira mural de condensação a gás natural para aquecimento e AQS instantânea

Necessidades anuais de energia: 402,2 kwh/ano Tipo de combustível: Gás natural Eficiência de conversão: 1,09

Factor de conversão de energia: 0,0570 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS: 23** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: 1125 Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: 94 Euros/mês

Aquecimento: **95,8%** Arrefecimento: **2,2%** Água quente sanitária: **2,0%**

Notas:

Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA
A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - Solução S8
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 8,39 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 Pé-direito médio ponderado: 2,59 m Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 1,71 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **0,47** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,32** **CLASSE ENERGÉTICA:** **A**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Caldeira de chão a diesel para aquecimento e AQS por acumulação

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano Tipo de combustível: Gasóleo Eficiência de conversão: 0,80

Factor de conversão de energia: 0,0820 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO:** **2113** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Máquina figorífica (nº 6 do Artigo 15º do RCCTE)

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 3,00

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO:** **25** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Caldeira de chão a diesel para aquecimento e AQS por acumulação

Necessidades anuais de energia: 1927,0 kwh/ano Tipo de combustível: Gasóleo Eficiência de conversão: 0,80

Factor de conversão de energia: 0,0820 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS:** **158** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **2295** Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **191** Euros/mês

Aquecimento: **92,0%** Arrefecimento: **1,1%** Água quente sanitária: **6,9%**

Notas:

Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA

A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - Solução S9
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 4,45 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 Pé-direito médio ponderado: 2,59 m Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 0,41 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **0,11** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,08** **CLASSE ENERGÉTICA:** **A+**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Caldeira a biomassa

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano Tipo de combustível: Biomassa Eficiência de conversão: 0,60

Factor de conversão de energia: 0,0410 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO:** **1409** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Máquina figorífica (nº 6 do Artigo 15º do RCCTE)

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano Tipo de combustível: Electricidade Eficiência de conversão: 3,00

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO:** **25** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Caldeira mural a gás natural

Necessidades anuais de energia: 1022,1 kwh/ano Tipo de combustível: Gás natural Eficiência de conversão: 0,95

Factor de conversão de energia: 0,0570 Euros/kwh **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS:** **58** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **1491** Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: **124** Euros/mês

Aquecimento: **94,4%** Arrefecimento: **1,6%** Água quente sanitária: **3,9%**

Notas:

Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA
A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO - Solução S10
Análise Económica

1. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	Nic = 89,72 kwh/(m^2.ano)	Ni = 107,17 kwh/(m^2.ano)
Arrefecimento	Nvc = 2,72 kwh/(m^2.ano)	Nv = 18,00 kwh/(m^2.ano)
Preparação de águas quentes sanitárias	Nac = 16,70 kwh/(m^2.ano)	Na = 30,88 kwh/(m^2.ano)

2. Área útil, pé-direito médio ponderado e taxa horária de renovação do ar interior

Área útil de pavimento: 229,75 m^2 — Pé-direito médio ponderado: 2,59 m — Rph: 0,85 Renovações por hora

3. Indicadores de desempenho

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e AQS: Ntc = 0,03 kwh/(m^2.ano)

Limite máximo regulamentar para as nec. anuais globais de energia primária para climatização e AQS: Nt = 5,30 kwh/(m^2.ano)

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e AQS: **0,01** ton. CO_2 equiv. por ano

Parâmetro para avaliação da classe energética [R]: R= Ntc/Nt = **0,00** — **CLASSE ENERGÉTICA: A+**

4. Factura energética associada ao sistema de climatização (aquecimento)

Descrição do sistema:

Caldeira a biomassa

Necessidades anuais de energia útil: 20612,4 kwh/ano — Tipo de combustível: Biomassa — Eficiência de conversão: 0,60

Factor de conversão de energia: 0,0410 Euros/kwh — **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQUECIMENTO: 1409** Euros/ano

5. Factura energética associada ao sistema de climatização (arrefecimento)

Descrição do sistema:

Máquina figorífica (nº 6 do Artigo 15º do RCCTE)

Necessidades anuais de energia útil: 625,3 kwh/ano — Tipo de combustível: Electricidade — Eficiência de conversão: 3,00

Factor de conversão de energia: 0,1180 Euros/kwh — **FACTURA ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO: 25** Euros/ano

6. Factura energética associada ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

Descrição do sistema:

Caldeira a biomassa

Necessidades anuais de energia: 3837,3 kwh/ano — Tipo de combustível: Biomassa — Eficiência de conversão: 0,60

Factor de conversão de energia: 0,0410 Euros/kwh — **FACTURA ENERGÉTICA PARA AQS: 157** Euros/ano

7. Factura energética total anual e mensal para climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

FACTURA ENERGÉTICA ANUAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: 1590 Euros/ano

FACTURA ENERGÉTICA MENSAL PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS: 133 Euros/mês

Aquecimento: **88,6%** — Arrefecimento: **1,5%** — Água quente sanitária: **9,9%**

Notas:

Os factores de conversão de energia (Euros/kwh) são estimativas aos preços actuais sem IVA
A Factura Energética refere-se a preços actuais sem IVA